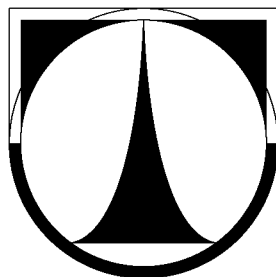


**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**

Fakulta strojní



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

2012

Petr VANĚK

# **Technická univerzita v Liberci**

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Bakalářský studijní program: Strojírenství

Zaměření: Řízení výroby

## **ZVÝŠENÍ EFEKTIVITY KONTROLNÍCH ČINNOSTÍ PŘI VÝROBĚ LISOVACÍHO NÁŘADÍ VE FIRMĚ ŠKODA AUTO a.s., ZÁVOD MLADÁ BOLESLAV**

## **THE RISE IN THE EFFECTIVENESS OF INSPECTING ACTIVITIES OF PRESSING TOOLS IN ŠKODA AUTO joint - stock company, THE PLANT OF MLADÁ BOLESLAV**

**KOM – 1199**

***Petr Vaněk***

Vedoucí práce: Ing. Štěpánka Dvořáčková, Ph.D

Konzultant: Marek Volf (Škoda Auto a.s.)

Počet stran: 63

Počet příloh: 2

Počet obrázků: 35

Počet tabulek: 19

Počet diagramů: 7

21. 12. 2012

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Jméno a příjmení: **Petr V A N Ě K**

Studijní program : B2341 Strojírenství

Obor : 2301R030 Výrobní systémy

Zaměření : Řízení výroby

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje bakalářská práce na téma:

### **Zvýšení efektivity kontrolních činností při výrobě lisovacího nářadí ve firmě ŠKODA AUTO a.s., závod Mladá Boleslav**

Zásady pro vypracování :

(uved'te hlavní cíle bakalářské práce a doporučené metody pro vypracování)

1. Shrnutí poznatků o kontrolní činnosti (všeobecný přehled).
2. Analýza stávajícího stavu kontrolní činnosti (včetně měřicí techniky) v dané firmě.
3. Návrh metodiky pro zvýšení efektivity kontrolních činností při výrobě lisovacího nářadí.
4. Realizace metodiky.
5. Hodnocení navrhovaného řešení a porovnání se stávajícím stavem kontrolních činností při výrobě lisovacího nářadí v dané firmě.
6. Shrnutí a zhodnocení dosažených výsledků a vyvození závěrů.

Forma zpracování bakalářské práce:

- průvodní zpráva : cca 30 stran textu

- grafické práce : obrázky, tabulky a grafy - dle potřeby

Seznam literatury (uveďte doporučenou odbornou literaturu) :

1. MLČOCH, Lubomír; SLIMÁK. Ivan. *Řízení kvality a strojírenská metrologie*. Praha: SNTL/ALFA Praha, 1987. ISBN - .
2. BREZINA, Ivan. *Súradnicové meracie stroje*. Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1987. ISBN 59-099-86.
3. VINGER, M., ZELENKA, A., KRÁL, M. *Metodika projektování výrobních procesů*. 1. vyd. Vydavatelství technické literatury SNTL Praha, 1984. ISBN - .
4. Firemní podklady.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Štěpánka Dvořáčková, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce: Marek Volf - vedoucí oddělení VSN5/2  
ŠKODA AUTO a.s. Mladá Boleslav

L.S.

Doc. Ing. Jan Jersák, CSc.

vedoucí katedry

Doc. Ing. Miroslav Malý, CSc.

děkan

V Liberci, dne 23. 10. 2012

## **ZVÝŠENÍ EFEKTIVITY KONTROLNÍCH ČINNOSTÍ PŘI VÝROBĚ LISOVACÍHO NÁŘADÍ VE FIRMĚ ŠKODA AUTO a.s., ZÁVOD MLADÁ BOLESLAV**

### **ANOTACE:**

Bakalářská práce se zabývá opatřeními, která zvýší efektivitu kontrolních činností při výrobě lisovacího nářadí ve ŠKODA AUTO a.s., ZÁVOD MLADÁ BOLESLAV. Hlavními cíly jsou optimalizace kontrolních činností na měřicích strojích a jejich následné zefektivnění.

## **THE RISE IN THE EFFECTIVENESS OF INSPECTING ACTIVITIES OF PRESSING TOOLS IN ŠKODA AUTO joint - stock company, THE PLANT OF MLADÁ BOLESLAV**

### **ANNOTATION:**

The bachelor's thesis deals with the measures leading to the rise in the effectiveness of inspecting activities in the production of pressing tools in SKODA AUTO joint-stock company, the plant of Mlada Boleslav. The main aims are optimization of the inspecting activities on measuring devices and consequently the rise in their efficiency.

Klíčová slova: EFEKTIVITA, KONTROLNÍ ČINNOST, MĚŘÍCÍ STROJE

Key words: EFFECTIVENESS, INSPECTING ACTIVITIES, MEASURING  
DEVICES

Zpracovatel: TU v Liberci, KOM

Dokončeno: 2012

Archivní označ. zprávy:

Počet stran: 63

Počet příloh: 2

Počet obrázků: 35

Počet tabulek: 19

Počet diagramů: 7

## MÍSTOPŘÍSEŽNÉ PROHLÁŠENÍ

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

21. 12. 2012

.....

Petr Vaněk

## PODĚKOVÁNÍ

*Touto cestou bych chtěl poděkovat vedoucí bakalářské práce Ing. Štěpánce*

*Dvořáckové Ph.D. za poskytnutí cenných rad a důležitých informací.*

*Dále bych rád poděkoval Marku Volfovi a dalším ze ŠKODA AUTO a.s., závod Mladá*

*Boleslav za jejich ochotu při vypracovávání této práce.*

*Nakonec patří poděkování své rodině a blízkým za všestrannou pomoc.*

## Obsah

<b>1. ÚVOD</b>	<b>10</b>
<b>2. TEORETICKÁ ČÁST</b>	<b>12</b>
2.1 Výroba nářadí ve Škoda Auto a.s.	12
2.1.1 Současnost výroby nářadí	13
2.1.2 Cyklus výroby nářadí	14
2.2 Kontrolní činnost	16
2.2.1 Vstupní kontrola	17
2.2.2 Mezioperační kontrola	18
2.2.3 Výstupní kontrola	19
2.3 Kontrolní prostředky	21
2.3.1 Souřadnicové měřicí stroje	22
2.3.2 Optické měřicí stroje	25
<b>3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST</b>	<b>28</b>
3.1 Návrh metodiky pro optimalizaci kontrolních činností měřících strojů	28
3.1.1 Měřicí stroje	30
3.1.1.1 Dea Delta	30
3.1.1.2 Atos III	31
3.1.2 Měřená součást	32
3.1.3 Realizace návrhu metodiky	33
3.1.3.1 Souřadnicový měřicí stroj CMM	33
3.1.3.2 Optický 3D skener	36
3.1.4 Porovnání hodnot	40
3.2 Zefektivnění měření	43
3.2.1 Návrh modernizace optického měřicího systému	43
3.2.1.1 Cíle modernizace	44
3.2.1.2 Návrh pracoviště	44
3.2.1.3 Stavební úpravy	46
3.2.2 Návrh na zefektivnění souřadnicového měřicího stroje	47



<b>4. POROVNÁNÍ SE STÁVAJÍCÍM STAVEM</b>	<b>50</b>
<b>A TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOCENÍ</b>	
4.1 Optimalizace měřících strojů	50
4.2 Návrh modernizace optického měřícího systému	55
4.3 Návrh na zefektivnění souřadnicového měřícího systému	60
<b>5. ZÁVĚR</b>	<b>62</b>
Seznam použité literatury	64
Seznam příloh	65
Seznam obrázků, tabulek a grafů	<b>66</b>
Přílohy	

## Seznam použitých zkratek a symbolů

CMM	Souřadnicové měřicí stroje (Coordinate Measuring Machine)
NS	Nákladové středisko
TK	Technická kontrola
TP	Technologický postup
ATOS	Advanced Topometric Sensor
CNC	Computer Numerical Control
AZNP	Automobilové závody národní podnik
VW	Volkswagen
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
CATIA	Computer Aided Three Dimensional Interactive Application
CCD	Charge Coupled Device
FEM	Finite Elements Method
Nhod	Normovaná hodina
3D	3 – Dimensional
PC	Personal Computer
KT	Kalendářní týden
DPH	Daň z přidané hodnoty
PDF	Portable Document Format
HTML	Hyper Text Markup Language
r	Relativní výnosnost v procentech
N	Návratnost investice za rok
Z	Zisk (Euro €)
IN	Celkové náklady investice (Euro €)

## 1. ÚVOD

V současnosti, kdy stále pociťujeme doznívání světové hospodářské krize, je právě průmysl odvětvím, od kterého se očekává, že zareaguje na stávající situaci a nastartuje tím ekonomiku celé společnosti. U nás je tímto odvětvím zejména automobilový průmysl, jejímž hlavním úkolem je uspokojování přání svého budoucího zákazníka.

Změna doby přináší také změnu v myšlení lidí. K hlavnímu aspektu ceny při výběru nového vozu se stále více klade důraz na kvalitu. Zvyšující se nároky zákazníků na kvalitu vozu ovlivňují zejména oblast řízení kvality, kterou je kontrolní činnost. Stále vyšší požadavky vznikají na výrobu lisovacího nářadí. Právě tato výroba dává budoucímu automobilu konečný vzhled, který je bez diskuzí důležitým aspektem při výběru vozu. Úkolem kontrolní činnosti je tak stálé udržení kvality vyráběného nářadí a dobrého jména společnosti u nás i ve světě.

Předpokladem této bakalářské práce je analýza a návrh optimalizace kontrolních činností vedoucích k vytvoření požadované kvality a zrychlení výroby lisovacího nářadí ve firmě Škoda Auto a.s., závod Mladá Boleslav.

Cílem bakalářské práce je vytvoření návrhu na zvýšení efektivity jednotlivých činností kontroly při výrobě lisovacího nářadí, které má vést k ideálnímu rozvrhnutí pracovních činností a zkrácení pracovního času na stávajících měřicích strojích, kterými výroba nářadí disponuje.

Požadavkem zadavatele tohoto tématu je zvýšení efektivity kontrolní činnosti v takové míře, aby vznikaly pouze minimální náklady na externí kooperaci s ohledem na budoucí kapacitní zátěž kontrolní činnosti při výrobě lisovacího nářadí.

Obsah této bakalářské práce je rozdělen do části teoretické a části experimentální. V první části teoretické jsou popsány úlohy kontrolní činnosti a jejich měřicích prostředků při výrobě lisovacího nářadí ve Škoda Auto a.s., Mladá Boleslav.

Experimentální část je tvořena rozbořem používaných měřicích systémů, naměřená data jsou zpracována do přehledných tabulek a na základě hodnot jsou stanoveny cíle pro splnění zadaného tématu.

Další částí experimentu je návrh na zefektivnění činností na jednotlivých měřících strojích. Každá tato část je podrobně zpracována a doplněna konkrétními tabulkami a grafy.

Zdrojem informací byly zejména odborné literatury a při specifikaci měřících systémů byly povětšinou nápomocny odborné internetové stránky. Další potřebné informace byly interní dokumenty společnosti. Výčet všech použitých publikací je uveden v seznamu použité literatury.

## 2. TEORETICKÁ ČÁST

Cílem této bakalářské práce je zvýšení efektivity kontrolní činnosti při výrobě lisovacího nářadí ve firmě Škoda Auto a.s., Mladá Boleslav. Z toho důvodu je pro ucelené pochopení tohoto tématu sepsán historický vývoj ve výrobě lisovacího nářadí až po současnost, její kontrolní činnosti a popis současných měřících strojů.

### 2.1 Výroba nářadí ve Škoda Auto a.s. [1]

Více než stoletá historie mladoboleslavské automobilky Škoda Auto a. s. je také historií výroby nářadí a nástrojů. Již v počátcích firmy Laurin & Klement byly v továrně vyráběny nástroje pro specifické potřeby výrobních provozů a nakupovalo se jen všeobecné nářadí jako čalounické jehly, kladiva, kleště apod.

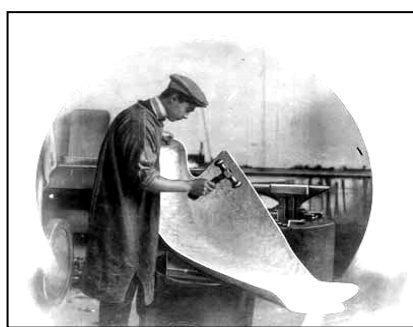
Vlastní výroba nářadí (viz obr. 2.1) jako specializovaný obor se začala postupně rozvíjet až ve 20. letech minulého století, po sloučení společnosti Laurin & Klement s plzeňskými závody Škoda, ve kterých již měli s vývojem a výrobou speciálního nářadí značné zkušenosti. Rostoucí počty vyráběných vozů si vynutily přechod k technologii lisování dílů.

Zásadní technický zlom ve stavbě automobilů i výrobě nářadí znamenal na začátku 50. let přechod od dřevěné karoserie k celokovové, reprezentované vozem Škoda 1200. Rovněž v oblasti odlitků a výkovků vyžadovala velkosériová výroba odpovídající nářadí a nástroje.

Hlavní rozvoj výroby nářadí pro automobilovou produkci moderního typu nastal při zahájení hromadné výroby typu Škoda 1000 MB počátkem 60. let. V této době byla plně rozvinuta výroba karosářského nářadí, tlakových forem pro odlévání hliníku a kovacích zápustek.

Toto období nového vývoje automobilu je považováno za obrat. Vývoj a s ním spojené výrobní postupy a nové technologie měly podstatný vliv na profesní růst nejen pracovníků automobilky, ale i dodavatelských firem. Řada lidí se rozjela do světa k výrobcům nejrozličnějších obráběcích strojů a výrobních zařízení, kde se seznamovali s novými trendy v oboru. Snaha po dobrém výsledku byla všude patrná.

„Zkouškou ohněm“ byl roku 1982 pro mladoboleslavskou automobilku termín začátku výroby Škody Favorit roku 1987. Zvýšené tempo podmínil klesající export na západoevropské trhy. Šťastné bylo rozhodnutí svěřit tvorbu karosérie Nucciu Bertonemu. Ten předal na sklonku roku 1983 sádrový model vozu v měřítku 1:1. Na zaměstnancích automobilky bylo vytvořit a nakreslit vše, co je pod povrchem. Premiéra Favoritu byla v září roku 1987. Dnes už je zřejmé, že tento vůz zachránil mladoboleslavskou automobilku, když přilákal koncern Volkswagen (viz obr. 2.2).



*Obr. 2.1 Původní výroba povrchových plechů [1]*



*Obr. 2.2 Dokončené karoserie před montáží [1]*

### **2.1.1 Současnost výroby nářadí [1,2]**

Zásadní vliv na současnou podobu automobilky má smlouva podepsána 28. března 1991, podle níž koncern VW vstoupí do AZNP. Získal koncepčně dobrý výrobek a zkušený kvalitní tým pracovníků, k tomu ovšem zastaralou továrnu s technologií, která byla v mnoha případech nejen brzdou dalšího rozvoje.

S přípravou nového typu Škoda Felicia muselo oddělení konstrukce nářadí zcela změnit systém přípravy podkladů. Od nepaměti se pracovalo na rýsovacím prkně a s maketami.

S příchodem Octavie, prvního vozu vyvíjeného společně s koncernem VW, přišla i výroba zařízení pro automatické svařování dílů karoserie. Od roku 1994 činí výroba ručních svařovacích pracovišť a automatických svařovacích linek velkou část produkce Výroby nářadí.

Nastoupilo konstruování a výroba s podporou CAD/CAM. V konstrukci si museli osvojit tvorbu výkresové dokumentace a prostorových modelů

---

Zvýšení efektivity kontrolních činností při výrobě lisovacího nářadí

ve speciálních programech na počítačích. Dnešní počítačová podpora konstruování CAD je založena na principu interaktivní počítačové grafiky, kdy se data transformují do formy symbolů či výkresů. Tento systém museli zvládnout v konstrukci náradí, v technologii i ve strojním obrábění. Do kanceláří se stěhovaly počítačové stanice, budovala se nová pracoviště programátorů pro strojní obrábění a počítači řízené obráběcí stroje (viz obr. 2.4).

První byla frézka Droop & Rein, následovala sestava tří velkých obráběcích strojů a programem řízený souřadnicový měřicí stroj Dea měřicí ve třech osách. V nářaďovně vznikla první obráběcí linka s paletovými výměnnými stoly, upínacím pracovištěm a zásobníkem odlitků. Středisko přípravy modelů už vyrábělo modely pro odlitky raznic výlučně z polystyrenu (viz obr. 2.3).



*Obr. 2.3 Příprava polystyrenového modelu pro optické měření tvaru před sléváním [1]*



*Obr. 2.4 Zpracovací lis Reis na ručním pracovišti [1]*

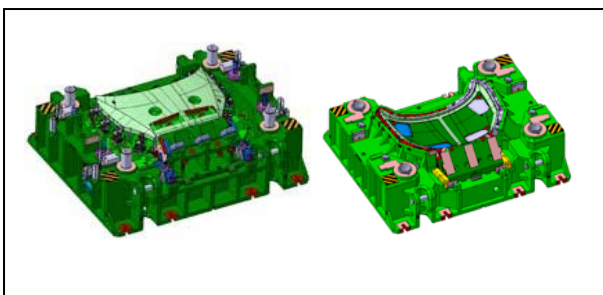
### **2.1.2 Cyklus výroby náradí [1,2]**

Všechno začíná při prvních návrzích designu budoucího automobilu, který v té chvíli existuje pouze ve virtuálním data-modelu (viz obr. 2.5). Už v této fázi se na vývoji podílejí konstruktéři odpovědní za lisovací a svařovací náradí, aby posoudili, zda rohy, stojiny a zaoblení lze vyrobit, svařit či zalemovat a za jakou cenu. Každý díl podléhá přísnému posouzení v mnoha ohledech. Například pro A sloupek je důležitý nejen design, ale zejména případné omezení výhledu z vozu, jeho tuhost a bezpečnost, míra omezení nástupního prostoru a pochopitelně i složitost, čas a cena výroby. Data definitivně navrženého dílu posoudí konstrukce lisovacího náradí a stanoví metodu a počet lisovacích operací. V první operaci

vzniká trojrozměrný výtažek, následuje obvodový řez, dále zostřování obvodových kontur pomocí rotačních či posuvných klínů a dostřížení výlisků. Komplikované díly karoserie vzniknou až šesti operacemi.

Cílem je kvalita povrchových ploch měřená s přesností na desetiny milimetru. Simulací přetvoření materiálu výlisku získáme tvar dílu z každé operace, což je základ pro konstrukci vlastního nářadí. Konstrukce probíhá v 3D programu CATIA a hotová data jsou předána do oddělení technologie. Zde je třeba určit postup výroby raznice a pro každou operaci stanovit potřebný výrobní čas. Poté začíná strojní obrábění polystyrenového modelu pro slévárnu, což představuje oproti dříve používanému dřevu značnou úsporu času. Ze slévárny odešlou hotový odlitek zpět do nářadovny.

Podle dat jsou obrobeny funkční plochy a následuje montáž raznic a ověření funkčnosti nástroje. Následně je nástroj zapracován, tzn., slícuje se na zapracovacích lisech. Následuje zhotovení prvního výlisku (viz obr. 2.6). Po vyhodnocení dosažených rozměrů a kvality povrchu následuje proces zlepšování kvality na požadované parametry. Součástí dodávky je mechanizace pro produkční linku, která zajišťuje předávání výlisků mezi jednotlivými lisy linky. Ověření funkce již probíhá v lisovně, doladují se jednotlivé operační kroky a konečně celý výrobní postup linky. Když výsledek odpovídá technickému zadání, jsou nástroje předány do sériové výroby. Cyklus od prvních počítačových dat do předání nástroje trvá zhruba rok.



*Obr. 2.5 Vrchní a spodní díl raznice pro lisování kapoty Fabie [1]*



*Obr. 2.6 Zkušební výlisky postranice Octavie u zapracovacího lisu v hale V17 [1]*



## 2.2 Kontrolní činnost [7]

Kontrola a měření je rozsáhlá disciplína, která zasahuje téměř do všech oblastí života. Mimo strojírenství, kterým se tato publikace zabývá přednostně se musí správně měřit ve sportu, lékařství, stavebnictví, dopravě a dalších oborech.

Technická kontrola je důležitou částí podnikového systému řízení jakosti. Jejím cílem není pouze vyřazování nekvalitních výrobků, ale především předcházení vzniku chyb. Zvyšování nákladů na technickou kontrolu je vyváženo snižováním nákladů na výrobu zmetků, garanční opravy apod.

Technická kontrola v podniku sestává ze čtyř základních částí:

- vstupní,
- mezioperační,
- výstupní,
- kontrola pracovních prostředků.

Důležitým faktorem pro zajištění jakosti výroby je osobní odpovědnost jednotlivých pracovníků. Na rozdíl od dřívějšího stavu v našich podnicích jsou dnes za jakost odpovědní především příslušní vedoucí pracovníci v čele s hlavním vedoucím výroby.

Základním předpisem, který určuje, kdy se má jaká kontrola do procesu výroby zařadit, je technologický postup. Zařazování kontrolních operací, které samy o sobě nic nevyrábějí a přitom zvyšují výrobní náklady, je třeba provádět tak, aby byla zajištěna jakost výroby.

Kontrolní operace se zařazují zpravidla po každé výrobní operaci, zvláště pak v následujících případech:

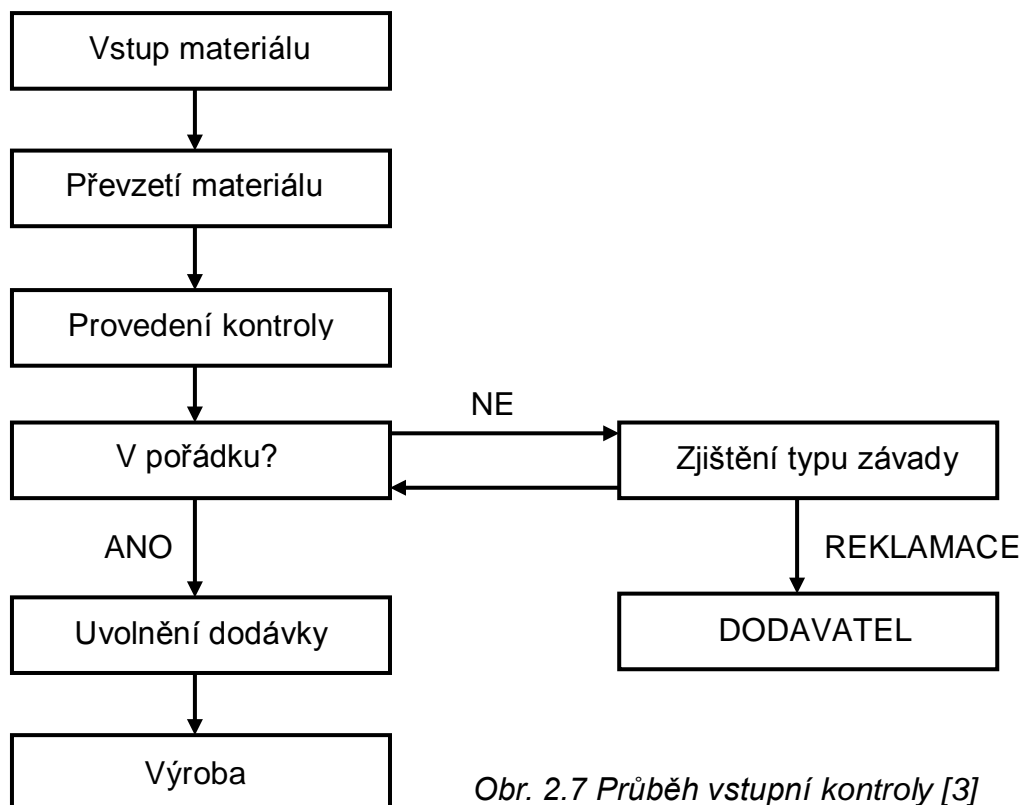
- kontrola polotovarů,
- kontrola před a po tepelném zpracování,
- kontrola před a po náročné operaci,
- konečná kontrola.

Je třeba kontrolu provádět před náročnými operacemi, aby nebyla náročná operace prováděna zbytečně na vadném polotovaru.

### 2.2.1 Vstupní kontrola [8]

Používá se proto, aby se zabránilo zmetkům zaviněným špatnou přípravou výroby. Tak např. materiál, polotovary nebo součásti, z nichž se mají zhotovit výsledné nástroje se dříve než se předají k opracování, předběžně zkontrolují.

Průběh vstupní kontroly:



Obr. 2.7 Průběh vstupní kontroly [3]

#### Popis operací vstupní kontroly [3]

Dodání výrobního materiálu od dodavatele k zákazníkovi dle dohodnutého termínu v požadovaném množství a kvalitě.

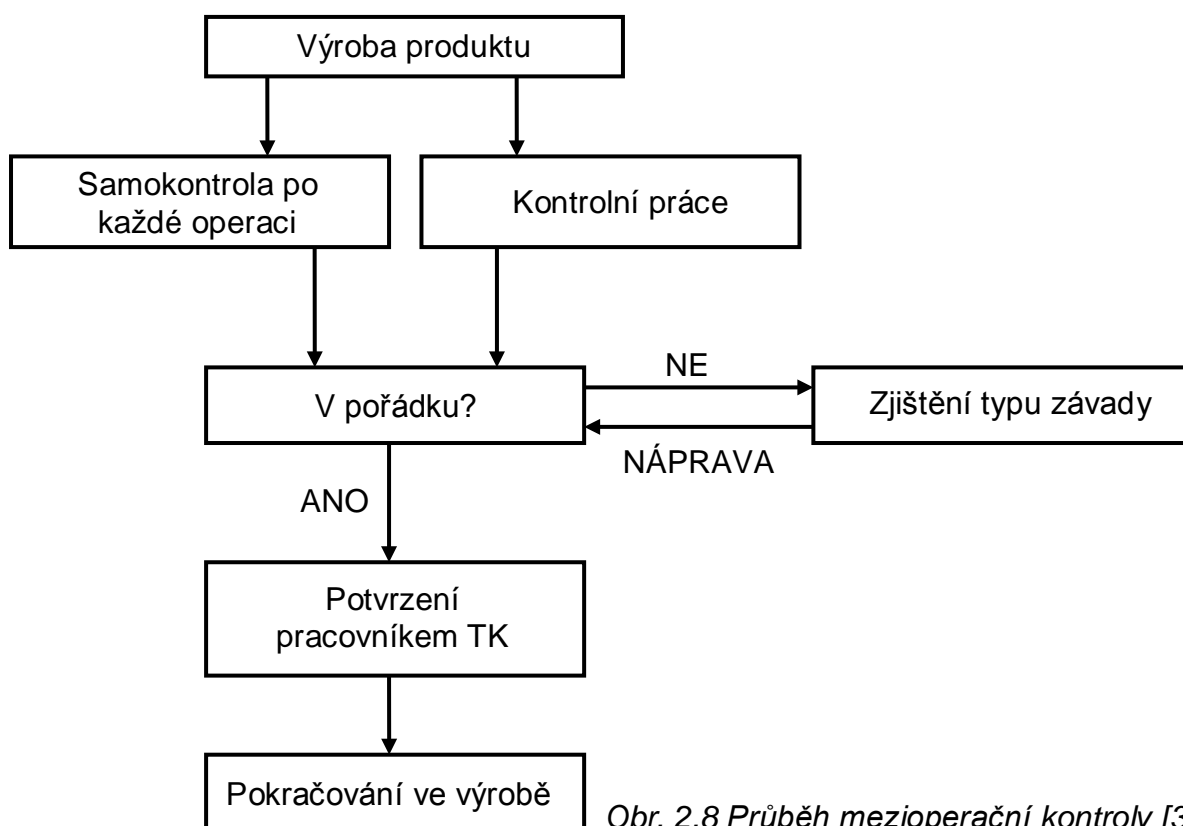
Převzetí materiálu od dodavatele mistrem nákladového střediska, který ověří kompletnost dodávky, kvalita je ověřena dílenským zaměstnancem.

Mistr NS předá materiál technické kontrole, která provede atestaci materiálu a rozhodne, zdali je v pořádku. Pokud materiál neodpovídá atestaci je materiál odeslán na reklamaci dodavateli. V případě potvrzení kontrolou je materiál předán do výroby (viz obr. 2.7).

### 2.2.2 Mezioperační kontrola [8]

Mezioperační kontrola podporuje rychlé a trvalé udržitelné zlepšování procesů implementací zákroků, které mají za úkol předcházet duplikování činností, neefektivnosti a vzniku odpadů. Zajišťuje dostupnost informací, nezbytných k podpoře fungování a monitorování procesů. Přesně definované standardy a postupy, které lze ověřovat, poskytují potřebnou spolehlivost.

Průběh mezioperační kontroly:



Obr. 2.8 Průběh mezioperační kontroly [3]

#### Popis operací v mezioperační kontrole [3]

Při výrobě je důležitá kontrola vyráběné součásti, která je podrobena:

- samokontroly, která je prováděna pracovníkem obráběcího centra, jehož úkolem je kontrola výrobní operace v požadované kvalitě a přesnosti, pomocí dostupných měřidel (posuvné měřítko, hloubkoměr, mikrometr, drsnoměr).

Při zjištění neshody výrobku s dokumentací je pracovník ihned povinen tuto

skutečnost nahlásit mistrovi NS, jehož povinností je svolání schůzky za přítomnosti technologa, zástupce kontroly a konstrukce (viz obr. 2.8).

Výsledkem schůzky je sepsání kontrolního nálezu, kde je určen způsob opravy, zdali se jedná o opravitelnou či neopravitelnou závadu. V případě opravitelnosti je postup opravy doplněn do technologického postupu s náklady, které hradí viník pochybení. Jedná-li se o neopravitelnou závadu je zahájeno zmetkové řízení a objednan materiál k nové výrobě,

- technické kontrole, která je určena technologickým postupem, jedná se o operaci kontroly, kdy pracovník obráběcího centra není schopen posoudit přesnost a rozměrovost dostupnými měřidly. Postup při zjištění neshody výrobku s dokumentací je obdobný jako u samokontroly pracovníkem CNC. Je-li kontrolovaná operace v souladu s výrobní dokumentací, pracovník kontroly potvrdí technologický postup razítkem a vlastnoručním podpisem. Výrobek je předán dle technologického postupu k dalším výrobním operacím.

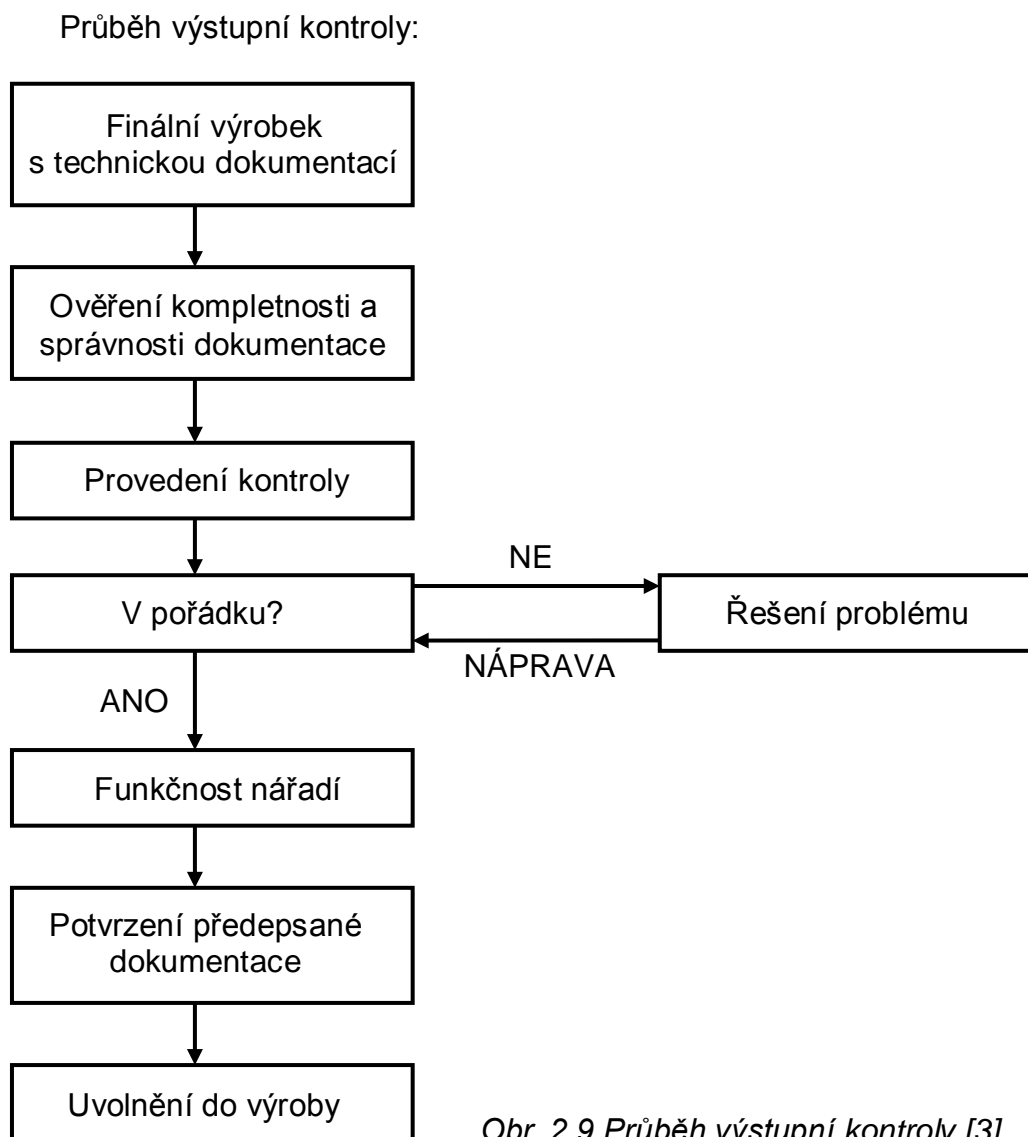
## **Samokontrola [9]**

Všeobecné zásady samokontroly:

- dodržení výkresových rozměrů, tolerancí, geometrických úchylek, drsnosti,
- dodržení technologických přídavků,
- značení dílů (identifikovatelnost) dle technologického postupu a výkresové dokumentace musí být provedeno u každé operace,
- na následující operaci se nesmí předat díly nevyhovující požadavkům kvality.

### **2.2.3 Výstupní kontrola [8]**

Ověřuje jakost hotových výrobků nebo smontovaných součástí, když již výrobek prošel všemi operacemi podle technologického postupu. Dává výrobcí jistotu, že produkt byl vyroben dle požadovaných parametrů v množství, které odpovídá deklaraci.



Obr. 2.9 Průběh výstupní kontroly [3]

### Popis výstupní operace [3]

Vedoucí výrobního NS předá finální výrobek s technickou dokumentací oddělení TK, jejímž úkolem je ověření kompletnosti a správnosti dokumentace. Při zjištění nekompletnosti jsou vyžadovány chybějící dokumenty po odpovídajícím oddělení (viz. obr. 2.9). Technickou dokumentací jsou míněna: CAD data, výrobní výkresy, měrové protokoly, atesty materiálu, protokoly tvrdosti. Zkušební technik provede společně se zákazníkem přejímku nářadí. Je-li zákazníkem zjištěna závada, která neodpovídá technickému zadání je dohodnut termín realizace opravy. Přejímka nářadí se provádí na místě ručního pracoviště.

Zde jsou veškeré pozice rozebrány a předvedeny zákazníkovi. Spolu se zákazníkem je provedena zkouška a funkčnost vyrobeného náradí. Funkčnost se provádí pod lisem, za účelem odstranění všech nedostatků pro docílení 100% chodu náradí. Další činností je kontrola výlisku vyrobeným náradím.

## 2.3 Kontrolní prostředky [3]

Pro vykonávání kontrolní činnosti disponuje oddělení Technické kontroly velkou škálou měřících prostředků, které jsou nepostradatelnou součástí výroby lisovacího náradí. V této kapitole budou popsány nejdůležitější měřící prostředky, které jsou přehledně zobrazeny v tabulce tab. 2.1 a stroje pro vykonávání kontroly.

Tabulka 2.1 Přehled kontrolních prostředků [3]

Kontrolní prostředek			Doporučená $T_{min}$ (mm)
Posuvka	R 0,1	$L \leq 500$	1,0 ( $\pm 0,5$ )
Posuvka	R 0,05	$L \leq 300$	0,6 ( $\pm 0,3$ )
Posuvka	R 0,02	$L \leq 300$	0,4 ( $\pm 0,2$ )
Posuvka	R 0,01	$L \leq 100$	0,2 ( $\pm 0,1$ )
		$100 < L \leq 500$	0,3 ( $\pm 0,15$ )
Mikrometr mechanický	R 0,01	$L \leq 300$	0,10 ( $\pm 0,05$ )
Mikrometr digitální	R 0,001	$L \leq 25$	0,02 ( $\pm 0,01$ )
		$25 < L \leq 50$	0,03 ( $\pm 0,015$ )
Dutinometr třídotekový	R 0,001	$50 < L \leq 100$	0,04 ( $\pm 0,02$ )
		$100 < L \leq 200$	0,05 ( $\pm 0,025$ )
Číselníkový úchylkoměr	R 0,01	porovnávací měření	0,1 ( $\pm 0,05$ )

Hodnoty v tabulce jsou udávány v milimetrech, R značí rozlišení měřidla a L značí měřící rozsah měřidla.

V této tabulce 2.1 jsou přehledně zobrazeny normalizované univerzálně používané kontrolní prostředky, jejichž nejmenší kontrolovatelná tolerance  $T_{min}$  musí být menší nebo rovna námi kontrolované toleranci výrobku T:

$$T_{min} \leq T. \quad (2.1)$$

Výroba nářadí ve Škoda Auto a.s., disponuje také měřicími stroji určené pro přesné měření 3D ploch, které budou popsány v následující kapitole.

### **Přesné měření 3D ploch**

V současnosti nejvyžívanější nedestruktivní metody přesného měření využívané pro kontrolu součástí jsou souřadnicové (CMM) a optické měřicí stroje.

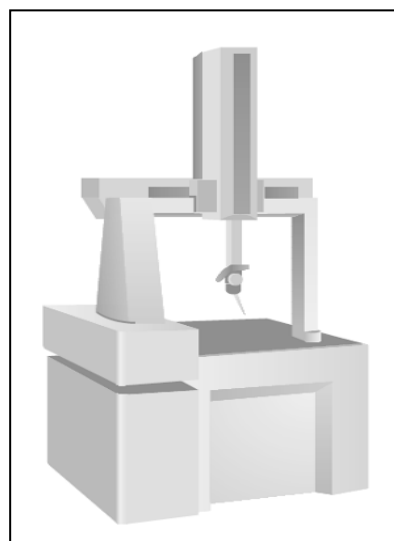
#### **2.3.1 Souřadnicové měřicí stroje [4]**

V principu souřadnicové stroje zajišťují geometrii měřených objektů určením prostorových souřadnic několika měřících bodů. Z těchto souřadnic se potom v připojeném vyhodnocovacím zařízení určí geometrie objektu. Před každým měřením je potřeba definovat uživatelský souřadnicový systém, který se obvykle vztahuje na měřený objekt.

Podle konstrukce se souřadnicové měřicí stroje rozdělují do tří základních skupin:

- jednosouřadnicové - umožňují měřit pouze rozměr v jedné ose,
- dvousouřadnicové - měří ve dvou navzájem kolmých osách, tedy v jedné rovině,
- třísouřadnicové - měří ve třech navzájem kolmých osách, tedy v prostoru.

Naše měření je koncipováno na třísouřadnicovém měřicím stroji (viz obr. 2.10).



*Obr. 2.10 Třísouřadnicový CMM [4]*

### Třísouřadnicové měřicí zařízení (CMM) [4]

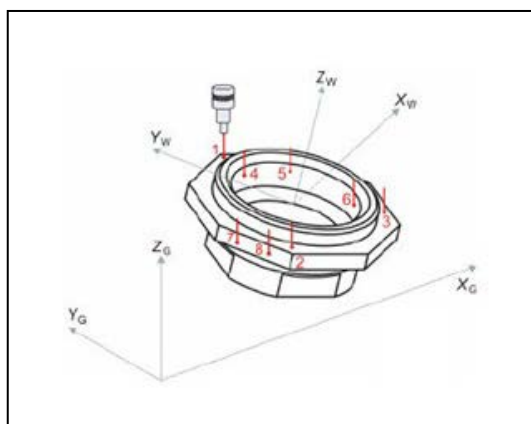
V současné době v oblasti strojírenství nebo automobilové výroby se využívá moderní souřadnicová technika, která poskytuje univerzální využití při kontrole tvarově složitých součástek.

Třísouřadnicové měřicí stroje tvoří vrchol techniky měření geometrických veličin. Na jedno upnutí součásti umožňují složité rozměrové měření ve třech navzájem kolmých souřadnicích.

Souřadnicový měřicí stroj je počítačem kontrolované zařízení, které má složitý měřicí systém a je schopný měřit v rovině nebo v prostoru dané souřadné soustavy.

CMM pracuje s dvěma souřadnicovými systémy:

- souřadnicový systém stroje,
- souřadnicový systém měřeného předmětu.



Obr. 2.11 Souřadnicový systém stroje a součástky [4]

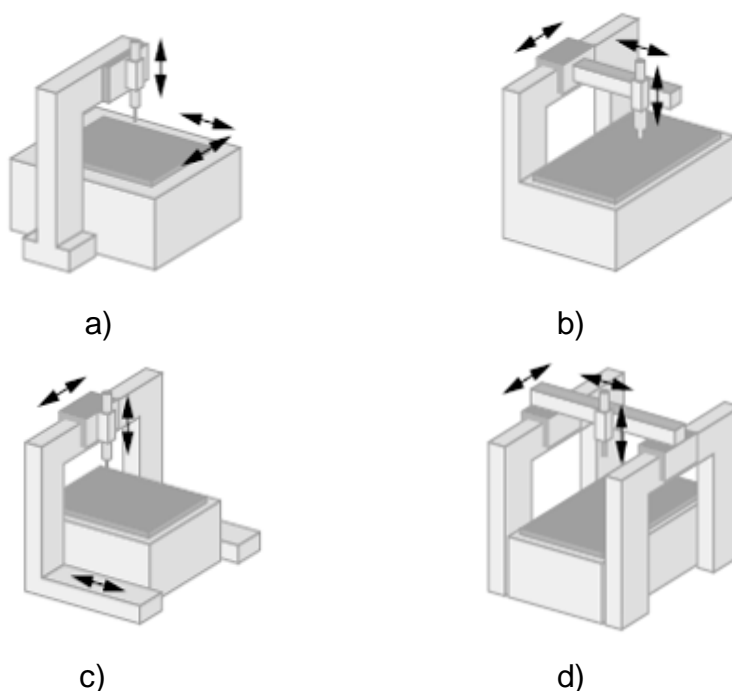
Pokud se měří délka na konkrétní součástce, souřadnicový systém součástky se vytváří změřením referenčních prvků po obvodě součástky.

Musíme však rozlišovat mezi souřadnicovým systémem přístroje ( $X_G$ ,  $Y_G$ ,  $Z_G$ ) a souřadnicovým systémem součástky ( $X_W$ ,  $Y_W$ ,  $Z_W$ ). Na měřené součástce může být několik souřadnicových systémů (viz obr. 2.11).



V praxi rozeznáváme čtyři možnosti uspořádání třísouřadnicových měřících strojů:

- stojanový typ - využívá na relativní pohyb měřícího doteku k měřenému objektu ve vodorovných souřadnicích polohovací měřící stůl (viz obr. 2.12a),
- výložníkový typ - měřící stůl je nepohyblivý, pohybuje se jen výložník a měřící hlava. Tato konstrukce má značnou výhodu v přesouvání poměrně malých hmot, což pak výrazně zlepšuje dynamiku měřícího zařízení (viz obr.2.12b),
- portálový typ - měřící stůl je nepohyblivý, při měření se pohybuje portál a měřící hlava. (viz obr. 2.12c) Toto uspořádání dovoluje poměrně velké zatížení stolu, dají se tak měřit i velké a těžké díly,
- mostový typ - používá se především v automobilovém a leteckém průmyslu na kontrolu rozměrových dílu. (viz obr. 2.12d).



Obr. 2.12 Typy souřadnicových měřících strojů [4]  
a) Stojanový, b) Výložníkový, c) Portálový, d) Mostový

Technická kontrola výroby náradí ve Škoda Auto a.s., Mladá Boleslav disponuje souřadnicovým měřícím strojem značky **Dea Delta**.

### **2.3.2 Optické měřicí stroje [4]**

Patří do kategorie bezdotykových snímačů. Mezi kterými jsou optické nejpoužívanější. Dále se používají také specifické aplikace využívající i principy indukční (princip vířivých proudů), kapacitní, ultrazvukové, magnetické atd. Jejich nasazení závisí od typu měřených předmětů a navrhují se většinou jednoúčelově.

Typickým představitelem tohoto měření jsou optické systémy, které jsou u dvousouřadnicových měřicích strojů aplikované v automatických měřicích mikroskopech (pracují v rovině jako dvojosé měřicí systémy). U CMM a multisenzorových měřicích strojů (stacionárních a mobilních) se používají optické senzory, které pracují na principu bezdotykového snímání „3D digitalizací“. Bezdotykové systémy pro 3D měření můžeme jinak nazvat jako skenery (digitalizéry). Bezdotykové skenery nevyžadují fyzický kontakt s povrchem předmětu.

Výhodou jsou kvalitnější výstupy, menší časová náročnost skenování a lepší schopnost vytvoření hustějších bodů v místech, kde se měřicí dotyk těžko dostane.

#### **Princip pro měření 2D objektu**

Na optický senzor se přenáší informace o poloze měřeného bodu pomocí světla - z toho lze stanovit příslušné souřadnice. Následující senzory, je možné provozovat jenom v rovinách.

#### **Principy pro 3D měření objektu**

Řadíme sem optická zařízení, která jsou založena na bezkontaktním způsobu snímání „3D digitalizace“. Bezdotykové systémy měření se považují za skenery (digitizéry). Digitální 3D podoba reálného objektu se získá měřením třetí souřadnice, použitím optické metody triangulace a interference světla (tyto metody využívají několik CCD kamer, laserové zařízení a další pomocná zařízení).

### Optické 3D skenery [4]

Optické skenery pracují na principu bezdotykového snímání, digitalizují vnější povrch a dokážou rozpoznávat i textury povrchu.

Princip činnosti optických skenerů spočívá v tom, že skenovaný objekt je snímán z několika úhlů. Při každém natočení se součástka naskenuje (vyfotí) a data se odešlou do PC na zpracování.

#### Postup skenování (kamera, fotoaparát):

- příprava objektu (na povrch se nalepí značky),
- snímání povrchu (kamera, fotoaparát)
  - **kamera** - předmět se nasvítí a pomocí pruhového projektoru se vysílají pásy, které kopírují povrch předmětu a zároveň jsou snímány kamerou. Pomocí pásů a značek se rozpoznává povrch.
  - **fotoaparát** - předmět se nafotí z různých stran a pomocí značek si systém poskládá fotografie do prostorového zobrazení. Nesmí chybět měrka, která rozpoznává vzdálenosti nafocených bodů (větší množství nebo hustota fotografií zvyšuje kvalitu celého procesu).

Značky slouží k přesnějšímu vystihnutí tvaru povrchu. Natočení skenovaného předmětu může být buď ruční, nebo pomocí otočného stolu (krokový motor řízený PC).

Po získání všech snímků, ze všech stran (úhlů pohledu) se data zpracují a pomocí metody aproximace se vytvoří digitalizovaný model.

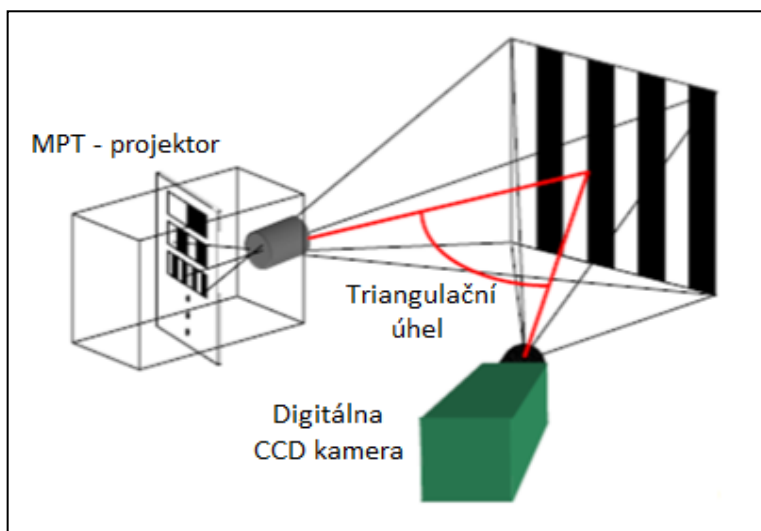
Kvalita objektu se dá dosáhnout počtem získaných snímků (čím jemnější vzorkování polohy, tím vyšší shoda s originálem), jednobarevné pozadí za skenovaným objektem (nejlepší je ta barva, která je víc kontrastní s objektem), aby bylo možné oddělit součástku od prostředí, před skenováním vhodně vyznačit na součástce orientační body, které slouží pro přesnější spojování obrázků do 3D tělesa. Námi využívané zařízení používá jako 3D skener **pruhovou projekci**.

### Pruhový projektor [4]

Pracuje na principu 3D aktivní triangulační metody. Pruhový projektor na snímáný objekt promítá proužky světla, zachytává a zaznamenává je za pomoci digitálních kamer. Při digitálním fotoaparátu je snímáný objekt snímán z určité vzdálenosti a za pomoci metody triangulace je 2D obraz převeden do 3D (prostorové) podoby.

Princip je ve skenování objektu pomocí skeneru z několika úhlů, ale aby se rychleji a lehčeji sestrojil model, tak se na snímáný objekt nalepí pomocné značky. Pomocí nichž systém vypočítá pozici měřených kamer a přesněji sestaví 3D model. Je potřeba vytvořit co nejvíce kontrastní pozadí se snímáným objektem, aby nenastal problém s odlišením objektu od prostředí. V případě, že povrch je příliš lesklý, nebo tmavý je nutné ho vhodně nasvítit. U průhledných objektů se využívá křídový sprej.

Na povrchu snímaného předmětu jsou pruhovým projektozem promítané proužky světla, tzv. metoda **Fringe Light Projection** a prostřednictvím jedné, nebo dvou vzájemně posunutých digitálních kamer se snímá objekt. Tímto způsobem se získají obrazy z různých úhlů, kde se následným digitálním zpracováním s danou přesností vypočítá poloha každého obrazového bodu, a za pomoci úhlů (viz obr. 2.13), které svírají sdružené paprsky, se dopočítá třetí souřadnice bodu.



Obr. 2.13 Princip promítání pruhů [4]

### **3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST**

V této části budou řešeny cíle této bakalářské práce za účelem zvýšení efektivity kontrolních činností, jejímž hlavním úskalím je nerovnoměrné rozložení pracovních činností na měřících strojích (viz. kapitola 3.1).

Další problematikou řešenou v experimentální části je návrh na zefektivnění měřících strojů technické kontroly při výrobě lisovacího nářadí (viz. kapitola 3.2).

#### **3.1 Návrh metodiky pro optimalizaci kontrolních činností na měřících strojích**


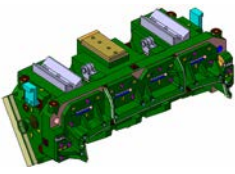
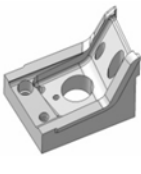
Tato část je zaměřena na efektivní využití měřících strojů. Konkrétně souřadnicového měřícího stroje Dea Delta a optického měřícího stroje ATOS III, které jsou stěžejními kontrolními prostředky při výrobě lisovacího nářadí.

Z důvodu objektivního posouzení problematiky byly naměřeny hodnoty na 50-ti dílech. Měřené byly otvory, rozteče, půdorysné a čelní tvary. Součásti byly různého tvaru a velikostí. Jednalo se o součásti lisovacího nářadí tj. nástavky, přidržovače, klíny, vložky, spodní a vrchní díly raznic. Toto měření bylo realizováno na obou měřících strojích v dlouhodobém časovém období. Přehledná tabulka naměřených dílů a počet jejich změřených hodnot je zpracován na následující straně (Tab. 3.1,3.2). Pro optimalizaci kontrolních činností na měřících strojích nám bylo nápomocno přes 6500 naměřených hodnot.

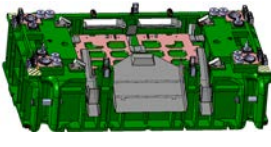

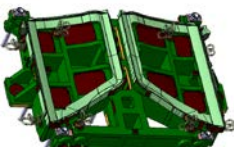
Z důvodu uceleného pochopení experimentální části byla vybrána součást, na které byla demonstrována navrhovaná metodika.

V tomto návrhu metodiky je podrobný popis měřících strojů, popis měření, použitých prostředků a charakteristika měřené součásti.

Tabulka 3.1 Naměřené díly

	Měřená součást		
			
Měření	Nástavek	Klín	Vložka
rozteče	1	4	6
otvory	2	0	7
půdorysné tvary	20	30	20
čelní tvary	70	25	22
<b>Počet dílů</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>25</b>
<b>Σ naměřených hodnot</b>	<b>465</b>	<b>590</b>	<b>1375</b>

Tabulka 3.2 Naměřené díly

	Měřená součást		
			
Měření	Spodní díl	Vrchní díl	Přidržovač
rozteče	4	4	4
otvory	4	4	4
půdorysné tvary	0	0	50
čelní tvary	40	45	55
<b>Počet dílů</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>6</b>
<b>Σ naměřených hodnot</b>	<b>96</b>	<b>106</b>	<b>678</b>

V tabulkách 3.1, 3.2 jsou přehledně pracovány měřené díly potřebné k realizaci experimentu. Jak je vidět v tabulce, bylo změřeno šest různých dílů lisovacího náradí. Na každé součásti byly měřeny čtyři hodnoty (rozteče, otvory, půdorysné a čelní tvary). Pod každým dílem je počet naměřených hodnot. Tato hodnota je zprůměrována na součet daných dílů. Tabulka obsahuje počet naměřených dílů, který se v konečném součtu rovná 50ti změřeným kusům. V závěru tabulky je součet naměřených hodnot pro daný díl. Z těchto tabulek je zřejmé, že během experimentu bylo naměřeno cca 3300 hodnot na každém stroji.

### 3.1.1 Měřicí stroje

Technická kontrola výroby disponuje dvěma druhy měřících strojů. Jedním typem jsou souřadnicové měřicí stroje Dea Delta a druhým jsou optické měřicí stroje ATOS III. Konkrétní charakteristika a parametry strojů jsou zde následně popsány.

#### 3.1.1.1 Dea Delta [5]

Model Dea Delta (viz obr. 3.1) je všestranný flexibilní SMS pro 3D kontrolu rozměrů u velkých odlitků a obráběných součástí. Je možné rychle získat miliony datových bodů ze složitých tvarů a představují tak ideální systém pro výrobu lisovacích forem a zápusťek.

Náš měřicí stroj je vybaven motorickou hlavou se servopohonem, která zajišťuje neomezené úhlové polohování, a jsou ideální pro CMM s horizontálním ramenem (viz obr. 3.2). Opakovatelnost hlavice umožňuje vyvolat tyto polohy bez nutnosti rekvalifikace, což šetří čas obsluhy a aplikuje sondu k povrchu v nejlepším úhlu k dosažení nejlepšího výsledku.

Disponuje dotykovým (kontaktním) snímacím systémem, které pracují za pomoci dotykových senzorů.



*Obr. 3.1 Portálový měřicí stroj [5]*



*Obr. 3.2 Souřadnicový měřicí stroj Dea Delta při kontrole tvaru obrobku raznice s indexovatelnou hlavicí [1]*

### Měřicí rozsah

Tabulka 3.3 Znázornění měřicího rozsahu stroje ve třech osách [5]

Měřicí rozsah [mm]		
X	Y	Z
2500	6300	1500 - 2000
Přesnost: $MPE_E = \text{from } 4.5 + 4.2 L/1000$		

#### 3.1.1.2 ATOS III [6]

Je mobilní bezdotykový optický 3D skener firmy GOM, kterým firma vybavila výrobu nářadí v roce 2010, za účelem kompenzace nedostatků CMM Dea Delta. Jeho vysoká výkonnost, rozlišení a široká flexibilita měřicích objemů (viz obr. 3.3) umožňuje přesné a efektivní prověřování kvality výroby a ukládání optimalizovaných dat z designu aplikací. Nejširší využití systému ATOS je v oblastech CAD, CAM a FEM, kde je vyžadováno měření reálných objektů a jejich následné srovnání s teoretickým modelem.



Obr. 3.3 Optický skener ATOS a jeho názorné využití [6]

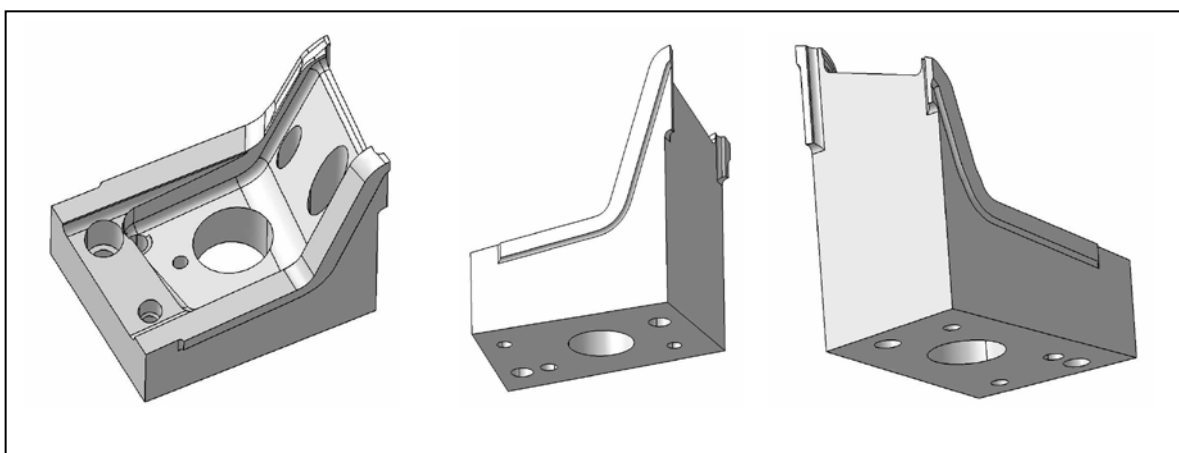


Systémem ATOS změří objekt v relativně krátkém čase a s vysokou hustotou dat (velká rozlišitelnost detailů). Hustota dat je daná použitým přístrojem a pohybuje se v rozmezí od 800 000 až do 4 000 000 bodů na 1 záběr.

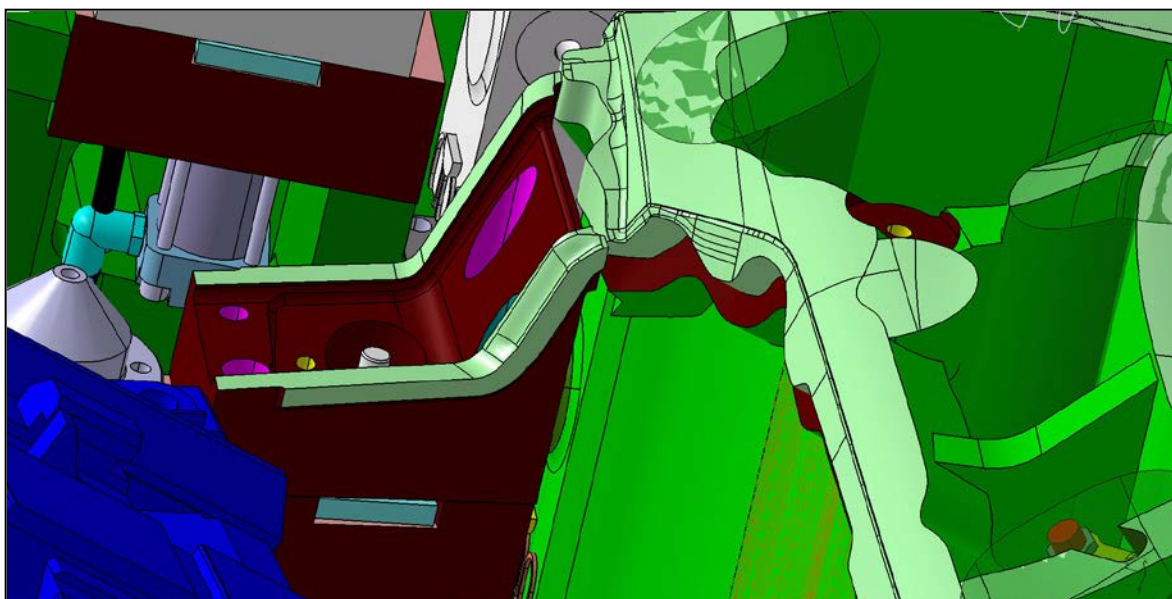
Proces měření je založen na principech optické triangulace, fotogrammetrii a fringe projection. Na povrch objektu jsou promítány pruhy světla, které jsou snímány pomocí dvou kamer s CCD čipem. Software z těchto záběrů vypočítá prostorové souřadnice jednotlivých bodů. Automatické složení jednotlivých záběrů do jednoho celku je zajištěno pomocí referenčních značek umístěných na objektu nebo mimo něj. Za účelem naskenování celého objektu lze pohybovat skenerem i měřeným objektem.

### 3.1.2 Měřená součást

Měřenou součástí je střížná vložka (viz obr. 3.4). Nachází se na spodním díle raznice. Její účel je rozstřížení plechu výlisku na menší odpady (viz obr. 3.5). Byla vybrána součást obsahující více velikostních děr s různými tolerancemi a tvarem. Složitost této součásti bude nápomocna při posuzování vhodnosti měřících strojů. Přesnost výroby této vložky a dalších tvarových komponentů raznice ovlivňuje kvalitu konečného výlisku.



Obr. 3.4 Střížná vložka



*Obr. 3.5 Střižná vložka s dalšími komponenty v sestavě v programu Catia*

### 3.1.3 Realizace návrhu metodiky

Při realizaci experimentu byly prováděny na strojích Dea Delta a ATOS III měření, dle navržené metodiky uvedené v předchozí kapitole. Naměřené výsledky jsou zaznamenány do tabulek a výsledné porovnání do grafů.

#### 3.1.3.1 Souřadnicový měřicí stroj CMM

K měření součásti jsem použil trísouřadnicový měřicí stroj **Dea Delta 3408**. S měřicí indexovatelnou hlavicí Renishaw PH10.

Teplota okolí při měření 23,4 °C.

#### Postup měření

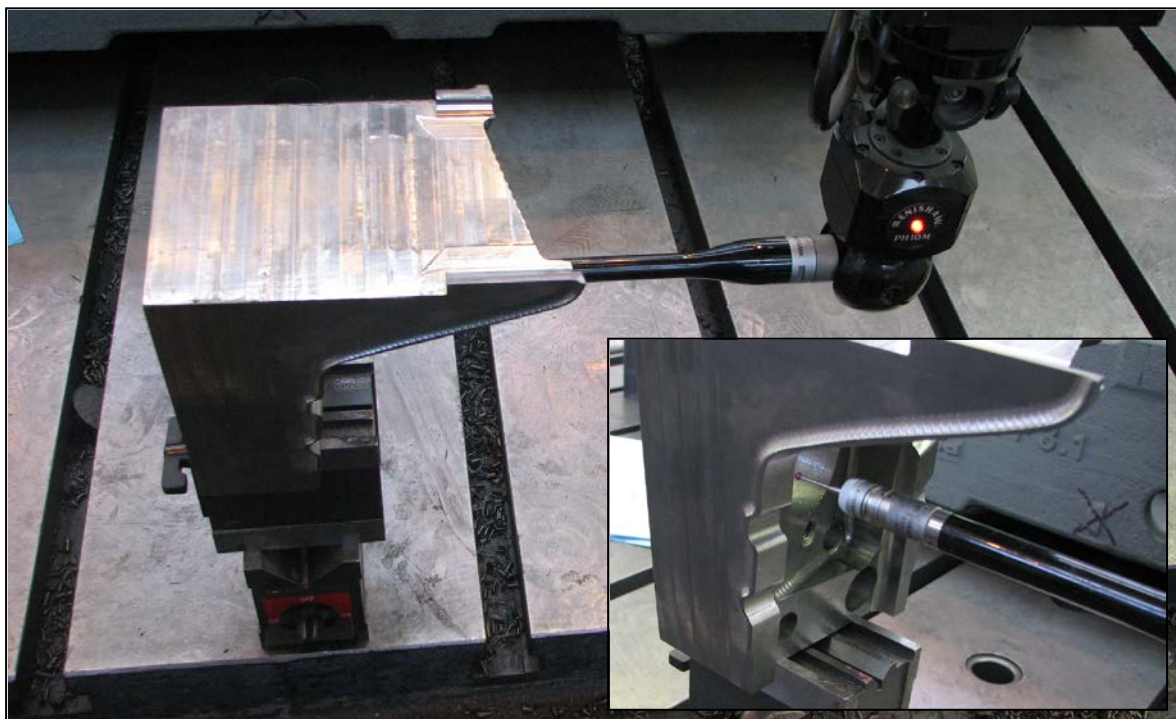
Princip souřadnicového měření spočívá v nasnímání bodu a určení jeho koordináty (polohy os x, y, z) vůči počátku souřadnicového systému CMM.

Postup měření na souřadnicových CMM lze obecně rozdělit do následujících kroků:

- prostudování výkresové dokumentace,
- určení příslušného souřadného systému, ve kterém se realizuje plán měření (kartézský nebo polární),

- rozložení měřené součástky na základní geometrické elementy (každému elementu odpovídá minimální počet nasnímaných bodů),
- navrhnoutí vhodné metody základního vyrovnaní součástky (např. metoda 3-2-1, RPS, MPA apod.)
- změření vybraných geometrických elementů pro základní vyrovnaní a následně na nich aplikovat jednu z výše uvedených metod vyrovnaní. Po aplikaci vhodné metody se přenesou souřadný systém stroje automaticky na měřenou součástku,
- změření ostatních geometrických elementů (viz obr. 3.6). Na základě vztahů mezi elementy se vyhodnocují např. rozměry, geometrické odchylky tvaru a polohy,
- interpretace výsledků v měřicím protokolu.

Parametry, které popisují skutečný povrch obrobku v ideálním tvaru, se vypočítávají pomocí softwaru z naměřených hodnot souřadnic. Tyto parametry se mohou použít pro kontrolu obrobku, nebo zda daný geometrický tvar vyrobeného obrobku vyhovuje daným konstrukčním požadavkům.



*Obr. 3.6 Ukázka měření strojem DEA Delta vybrané součásti*





## Naměřené hodnoty

Tabulka 3.4 Naměřené hodnoty otvorů strojem Dea Delta

Měření	Tolerance [mm]	Nominální hodnota dle CAD dat [mm]	Skutečná hodnota [mm]	Odchylka [mm]
otvor č. 1	H7	Ø12	11,95	-0,05
otvor č. 2	H7	Ø12	12,02	+0,02
otvor č. 3	± 0,2	Ø14	14,20	+0,20
otvor č. 4	± 0,2	Ø18	18,05	+0,05
otvor č. 5	± 0,2	Ø18	18,01	+0,01
otvor č. 6	± 0,2	Ø53	53,01	+0,01

V tabulce 3.4 jsou přehledně zpracovány výsledky měření strojem Dea Delta. Jednalo se o otvory s různými průměry a tolerancemi. Největší odchylka byla naměřena u **otvoru č. 1** a **otvoru č. 3**, které jsou i přes větší odchylku stále na hranici tolerance rozměru.

Tabulka 3.5 Naměřené hodnoty tvarů strojem Dea Delta

Měření	Tolerance [mm]	Nejmenší odchylka rozměru [mm]	Největší odchylka rozměru [mm]	Odchylka [mm]
půdorys. tvar 1	+0,5 až +0,9	+0,68	+0,73	
půdorys. tvar 2	+0,5 až +0,9	+0,70	+0,76	
čelní tvar 1	±0,10	-0,10	+0,05	
čelní tvar 2	±0,10	-0,10	+0,09	

V tabulce 3.5 jsou zobrazeny největší a nejmenší odchylky od skutečné nominální hodnoty tvaru dle CAD dat. Všechny hodnoty odchylek se pohybují v tolerančním poli.

Tabulka 3.6 Naměřené hodnoty roztečí strojem Dea Delta

Měření	Nominální hodnota [mm]		Hodnoty měřené strojem Dea Delta [mm]		Odchylka [mm]	
	Osa X	Osa Y	Osa X	Osa Y	Osa X	Osa Y
rozteč 1	0	0	0	0	0	0
rozteč 2	0	136,01	0	136,04	0	0,03
rozteč 3	-46,36	97,61	-46,30	97,61	0,06	0
rozteč 4	47,78	14,70	47,77	14,76	-0,01	0,06
rozteč 5	-57,34	118,37	-57,27	118,40	0,07	0,01
rozteč 6	3,90	58,74	3,92	58,80	0,02	0,01

Zde je tabulka 3.6 naměřených hodnot roztečí otvorů měřených v předešlé operaci. Osový kříž byl ustředěn na **otvor č. 1**, proto jsou jeho hodnoty nulové, další měřené hodnoty roztečí se od toho odvíjejí. Hodnoty jsou v toleranci.

### 3.1.3.2 Optický 3D skener

K měření součásti byl použit optický 3D skener ATOS III+ REV 02.

**ATOS III** je průmyslový přenosný optický 3D skener s největším rozlišením CCD čipu. Určený je pro náročnější aplikace, např. jako měření velkých dílů a malých detailů na povrchu. Jeho rozlišení CCD čipu je 8 000 000 bodů na 1 záběr, přičemž maximální měřicí rozsah je 2000 x 1500 mm při rozlišení 1 bod na 0,61 mm (viz tab. 3.7).

Tabulka 3.7 Měřené objemy a jejich parametry

Měřený objem [mm]	Rozlišení [mm]	Referenční bod [mm]
2000x1500x1500	0,610	12
1400x1050x1050	0,399	8
700x530x520	0,213	3
560x420x420	0,176	3
320x240x240	0,104	1,5
170x130x130	0,053	0,8

V tabulce 3.7 jsou zobrazeny parametry měření, které jsou závislé na objemových rozměrech měřené součásti.

Naše rozměry součásti se řadí v tabulce do objemu 320x240x240 mm. Za použití odpovídajících objektivů v našem případě Kreuznach 400 / MV320 (viz obr. 3.7).



*Obr. 3.7 Snímací objektivy Kreuznach 400 / MV320 [3]*

### Postup měření

Před skenováním se na snímáný objekt pravidelně umístí pomocné značky, pomocí kterých systém vypočítá pozici měřících senzorů a změřené hodnoty transformuje přímo do souřadného systému objektu.

Na povrchu objektu jsou promítané proužky světla (viz obr. 3.8) a pomocí dvou kamer jsou snímány z různých úhlů. S pomocí digitálního zpracování obrazu se s vysokou přesností vypočítají 3D souřadnice každého pixelu na snímku (pro každou kameru zvlášť).



*Obr. 3.8 Ukázka měření strojem ATOS III vybrané součásti [6]*





## Naměřené hodnoty

Tabulka 3.8 Naměřené hodnoty otvorů strojem ATOS III

Měření	Tolerance [mm]	Nominální hodnota dle CAD dat [mm]	Skutečná hodnota [mm]	Odchylka [mm]
otvor č. 1	H7	Ø12	12,00	0,00
otvor č. 2	H7	Ø12	11,99	-0,01
otvor č. 3	± 0,2	Ø14	14,17	+0,17
otvor č. 4	± 0,2	Ø18	17,98	-0,02
otvor č. 5	± 0,2	Ø18	18,05	+0,05
otvor č. 6	± 0,2	Ø53	53,07	+0,07

V tabulce 3.8 jsou přehledně zpracovány výsledky měření strojem Dea Delta. Jednalo se o tytéž otvory, které byly měřeny na předchozím stroji. Největší odchylka byla naměřena u **otvoru č. 3**, který se pohybuje těsně před hranicí avšak v toleranci.

Tabulka 3.9 Naměřené hodnoty tvarů strojem ATOS III

Měření	Tolerance [mm]	Nejmenší odchylka rozměru [mm]	Největší odchylka rozměru [mm]	Odchylka [mm]
půdorys. tvar 1	+0,5 až +0,9	+0,75	+0,83	
půdorys. tvar 2	+0,5 až +0,9	+0,47	+0,70	
čelní tvar 1	±0,10	-0,12	-0,00	
čelní tvar 2	±0,10	-0,12	+0,11	

V tabulce 3.9 jsou zobrazeny největší a nejmenší odchylky od skutečné nominální hodnoty tvaru dle CAD dat. Při měření **půdorysného tvaru 2 a čelního tvaru 1 a 2**, byly naměřeny hodnoty, které se pohybují mimo toleranční pole v řádech 2-3 setin milimetru. Tím jsou **nevyhovující**.



Tabulka 3.10 Naměřené hodnoty roztečí strojem ATOS III

Měření	Nominální hodnota [mm]		Hodnoty měřené strojem ATOS III [mm]		Odchylka [mm]	
	Osa X	Osa Y	Osa X	Osa Y	Osa X	Osa Y
rozteč 1	0	0	0	-0,01	0	-0,01
rozteč 2	0	136,01	0	135,99	0	-0,02
rozteč 3	-46,36	97,61	-46,39	97,57	-0,03	-0,04
rozteč 4	47,79	14,70	47,78	14,69	-0,01	-0,01
rozteč 5	-57,35	118,37	-57,32	118,34	0,03	-0,03
rozteč 6	3,90	58,74	3,93	58,76	0,03	0,02

Hodnoty v tabulce 3.10 v mezích tolerance ( $\pm 0,2$  mm). Největší odchylka od nominální hodnoty byla zjištěna u **rozteče 3** s hodnotou -0,04 mm.

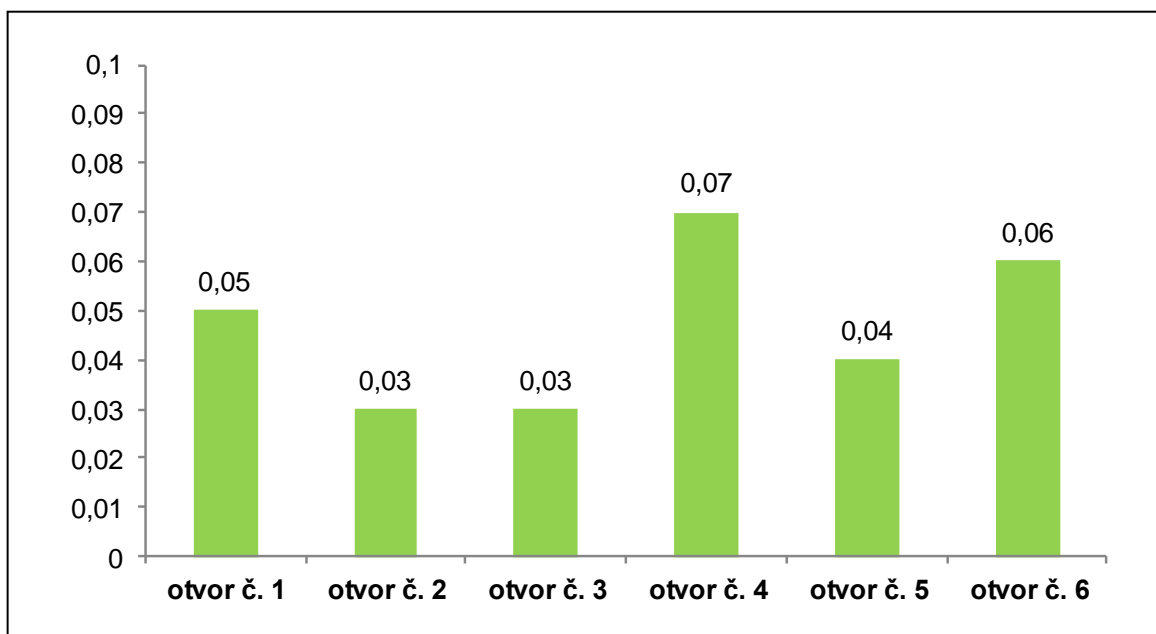


### 3.1.4 Porovnání hodnot

Tabulka 3.11 Porovnaných hodnot otvorů z měřících strojů

Měření	Nominální hodnota dle CAD dat [mm]	Měření strojem Dea Delta [mm]	Měřeno strojem ATOS III [mm]
otvor č. 1	Ø12± H7	11,95	12,00
otvor č. 2	Ø12± H7	12,02	11,99
otvor č. 3	Ø14± 0,2	14,20	14,17
otvor č. 4	Ø18± 0,2	18,05	17,98
otvor č. 5	Ø18± 0,2	18,01	18,05
otvor č. 6	Ø53± 0,2	53,01	53,07

Z tabulky 3.11 porovnaných hodnot obou měřících strojů Dea Delta a ATOS III, je zřejmé, že hodnoty se liší v řádech setin milimetru s největším rozdílem u rozměru **otvoru č. 4**, kde je odchylka 0,07 mm. Všechny naměřené otvory jsou v toleranci.



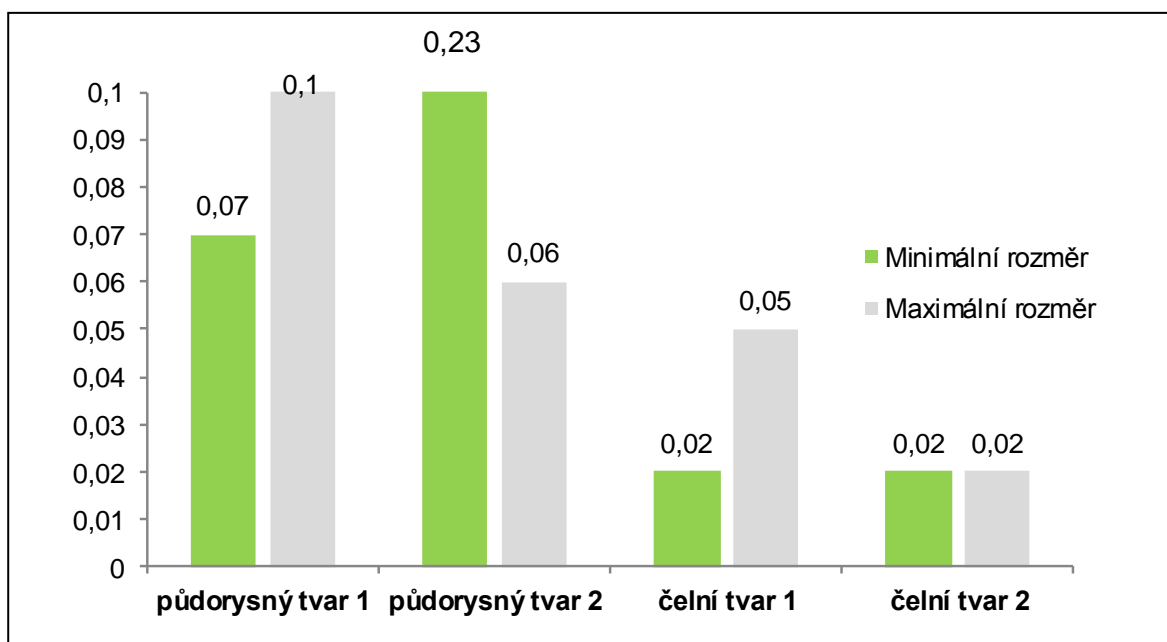
Graf 3.1 Rozdíl hodnot měřených otvorů

V grafu 3.1 je znázorněn rozdíl naměřených odchylek obou měřících strojů. Hodnoty jsou v milimetrech.

Tabulka 3.12 Porovnaných hodnot tvarů z měřících strojů

Měření	Hodnoty měřené strojem Dea Delta [mm]		Hodnoty měřené strojem ATOS III [mm]	
	Minimální	Maximální	Minimální	Maximální
půdorysný tvar 1	+0,68	+0,73	+0,75	+0,83
půdorysný tvar 2	+0,70	+0,76	+0,47	+0,70
čelní tvar 1	-0,10	+0,05	-0,12	-0,00
čelní tvar 2	-0,10	+0,09	-0,12	+0,11

V této tabulce 3.12 jsou porovnány hodnoty tvarů z obou měřících strojů. Hodnoty se zde lišili ve větším měřítku než u měření otvorů. Většina naměřených hodnot se liší do 0,1 mm. Výjimkou je zde nejmenší hodnota odchylky **půdorysného tvaru 2**, kde se hodnota liší o 0,23 mm.



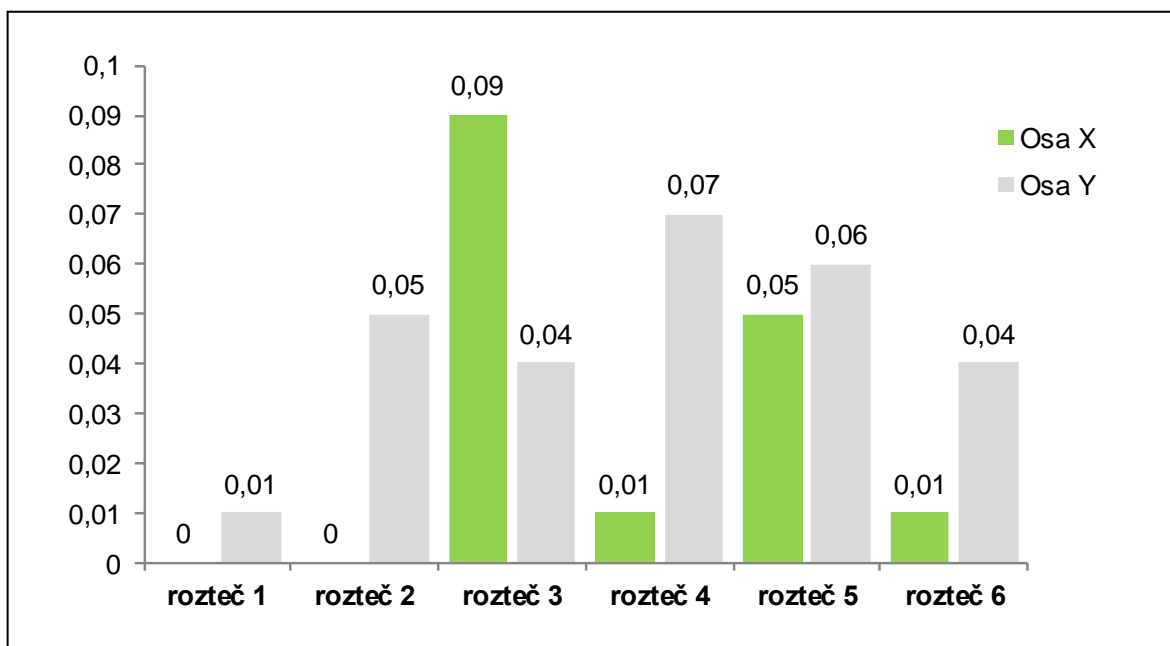
Graf 3.2 Rozdíl hodnot měřených tvarů

V grafu 3.2 jsou znázorněny rozdíly minimálních a maximálních hodnot měřených na tvaru. Hodnoty jsou v milimetrech.

Tabulka 3.13 Porovnaných hodnot roztečí z měřících strojů

Měření	Hodnoty měřené strojem Dea Delta [mm]		Hodnoty měřené strojem ATOS III [mm]	
	Osa X	Osa Y	Osa X	Osa Y
rozteč 1	0	0	0	-0,01
rozteč 2	0	136,04	0	135,99
rozteč 3	-46,30	97,61	-46,39	97,57
rozteč 4	47,77	14,76	47,78	14,69
rozteč 5	-57,27	118,40	-57,32	118,34
rozteč 6	3,92	58,80	3,93	58,76

V tabulce 3.13 jsou porovnány naměřené hodnoty roztečí z obou měřících strojů. Hodnoty se liší v řádech setin, větší rozdíl byl zjištěn u **rozteče 4**, kde rozdíl činil 0,07 mm. Všechny naměřené rozteče jsou v toleranci.



Graf 3.2 Rozdíl hodnot měřených roztečí

V grafu 3.3 jsou vykresleny rozdíly naměřených hodnot v ose X s ose Y. Hodnoty jsou v milimetrech.

### 3.2 Zefektivnění měření

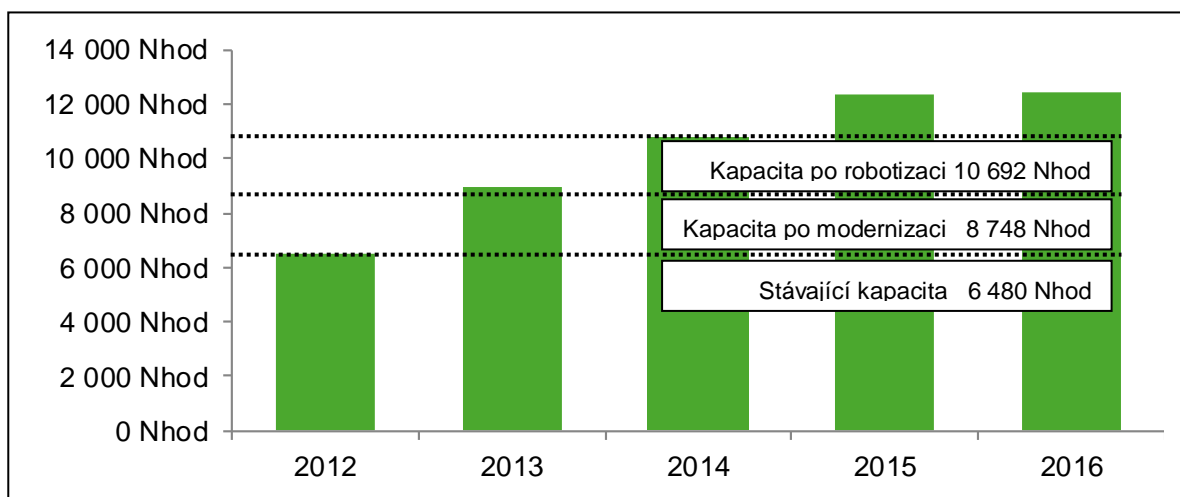
Dalším požadavkem zadavatele po optimalizaci využití měřících strojů, byl návrh na zefektivnění kontrolní činnosti z hlediska zkrácení pracovních časů na měřících strojích a tím ušetření nákladů na kooperaci.

#### 3.2.1 Návrh modernizace optického měřícího systému

Rozsáhlý sortiment výroby, nárůst externí kooperace ve výrobě nářadí a rostoucí nároky na kvalitu vyráběného nářadí způsobují kapacitní úžinu v oblasti měření a technické kontroly.

Vzhledem k nutnosti zajistit kontrolu zvýšeného množství modelů a odlišků, veškeré předepsané měření nástrojů a dílů, je kapacita měření technické kontroly nadále nedostatečná a s nástupem nových projektů bude nutná drahá externí kooperace.

Z tohoto důvodu po prostudování aktuální nabídky trhu měření 3D ploch a konzultaci s vedoucím technické kontroly se navrhované řešení zaměřilo na modernizaci a robotizaci optického měřícího systému.



Graf 3.4 Požadavky na 3D měření technické kontroly [3]

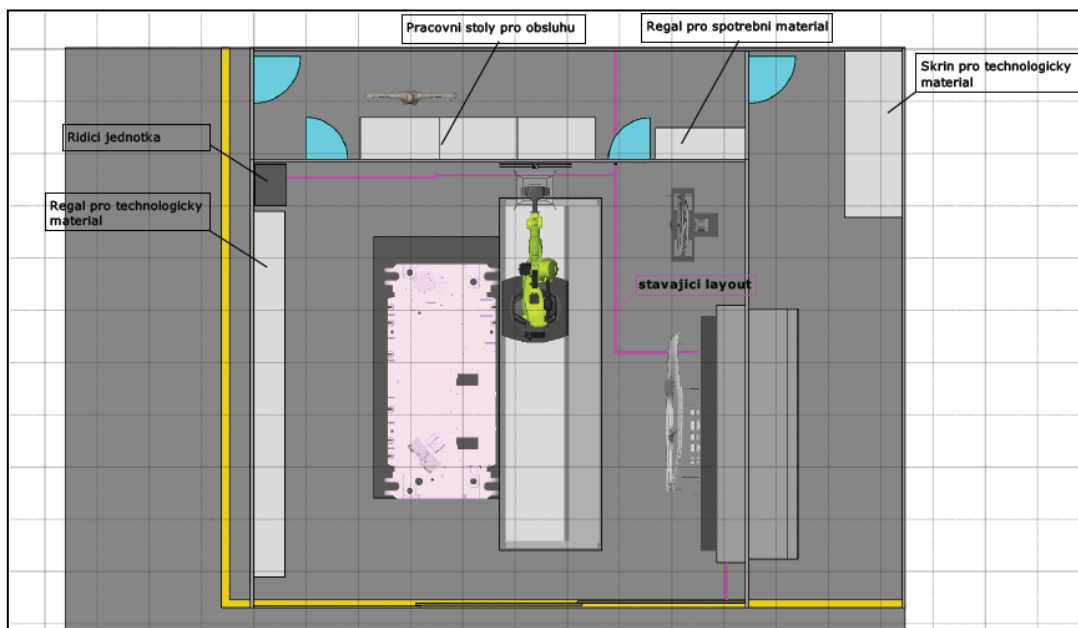
V grafu 3.4 jsou zobrazeny kapacitní požadavky na 3D měření při výrobě lisovacího nářadí v normohodinách z roku 2012 až po rok 2016. Je zřejmé, že bez modernizace a robotizace měřícího systému vzniknou značné výlohy na kooperaci.

### 3.2.1.1 Cíle navrhované modernizace

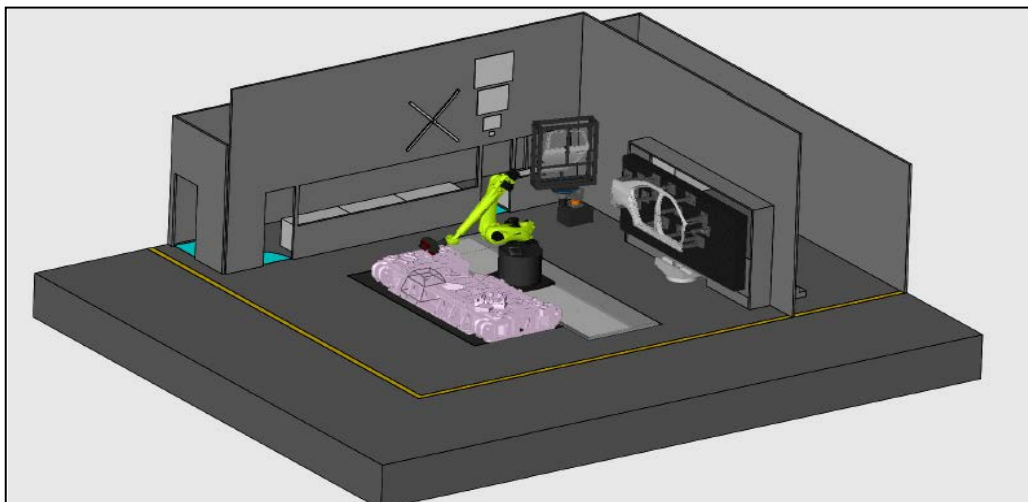
1. **Modernizace** optických měřicích systémů přinese zproduktivnění o 35%,
  - Upgrade systému ATOS III,
    - Výměna snímacích kamer za nové s dvojnásobným rozlišením (možnost měřit najednou větší oblast),
    - Změna principu optické projekce – nižší nároky na zastínění a speciální antireflexní nástřik dílů.
  - Instalace softwaru ATOS V7
    - Zvýšení výkonu vyhodnocovacího PC (rychlejší zpracování nasnímaných dat).
2. **Robotizace** optického měřicího systému navýší zproduktivnění o 45%.

V nabídce na trhu jsou běžně nabízeny dvě verze ScanBoxů, na menší rozměry dílů je požadavek 5 m<sup>2</sup> půdorysné plochy a na větší (2x2m) je požadavek 11 m<sup>2</sup>. V našem případě jsou měřeny součásti malé i velikostně rozměrné, jejichž maximální délka se pohybuje cca kolem 5m. Z tohoto důvodu jsou navrženy individuální rozměry měřicího boxu (viz obr. 3.9).

### 3.2.1.2 Návrh pracoviště

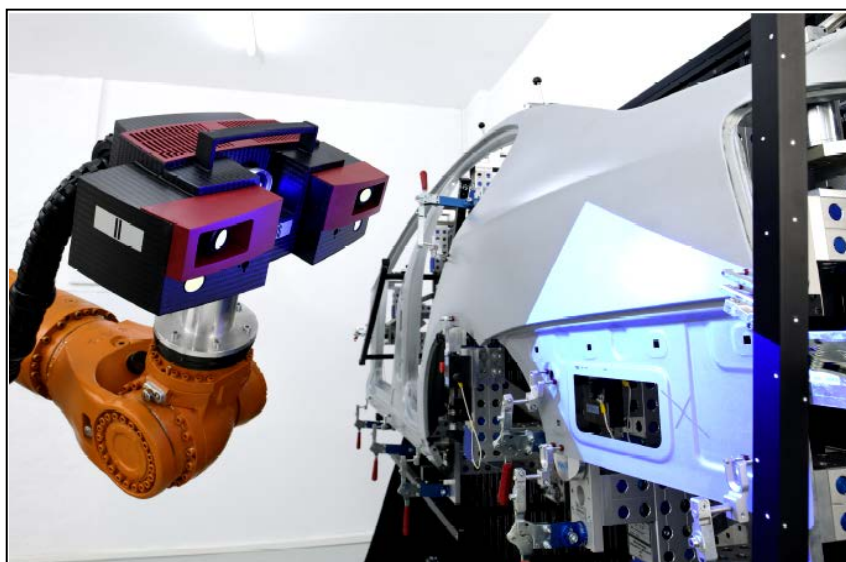


Obr. 3.9 Návrh měřicího pracoviště s robotizací



*Obr. 3.10 Prostorové zobrazení měřícího pracoviště*

Ovládání všech těchto komponentů v buňce (viz obr. 3.10), včetně vyhodnocení měření, obsluhuje jediný společný software ATOS Professional od firmy GOM. Tato koncepce řešení „vše od jednoho dodavatele“ eliminuje nutnost spolupráce s více firmami při složité koordinaci designerského návrhu, instalace, školení nebo následné technické podpoře. Dalším silným argumentem je také krátký termín dodání a rychlé zprovoznění.



*Obr. 3.11 Mechanický robot Quantec KR120*

Pracoviště automatizovaného měření bude tvořit konzolový robot typ Quantec KR120 ultra (viz obr. 3.11) s nominálním dosahem paže 3900mm a nosností robota 120kg, který bude umístěn na podstavci o výšce 750mm

na lineárním pojezdu. Robot bude v ručním režimu řízen přes SmartPad (ruční dálkové ovládání) s délkou kabeláže 20m a v automatickém režimu přes aplikaci ATOS Professional.

Tento typ robota s prodlouženou paží byl vybrán z hlediska možnosti obsáhnout co největší prostor při měření rozměrných odlitků, polystyrenových modelů, plechových výlisků, svařenců a lisovacích nástrojů. Robot bude osazen na lineárním 5-ti metrovém vedení KL1500-3T řízeném jako 7-má osa robota. Aby měřicí systém byl schopen měřit oblasti objektu blízko podlahy a byl usnadněn přístup při zakládání dílů pro měření, je lineární vedení zabudováno pod úroveň podlahy.

Pro měření samostatných výlisků bude užita existující Witte deska (5000x2400x300mm, hmotnost 1700kg) a pro plechové svařence panelových dílů bude užito rotační polohovadlo s průměrem upínací desky 500mm, pro zatížení stolu do 500kg s rozsahem otáčení stolu +/- 180° jako další řízená 8-má osa robota.

### 3.2.1.3 Stavební úpravy

V rámci stavebních úprav vznikne potřeba hloubení výkopu pro modifikaci základu pracovní desky a pro nový kanál pro pojezd robota. Výkopy budou prováděny ručně z důvodu co nejmenšího narušení hutnějších vrstev pod podlahou. Obvodový plášť vestavku bude tvořen sendvičovými panely. Pro místnost měření budou použity panely s jádrem z polyuretanové pěny, místnost pro obsluhu stroje (velín) bude kvůli akustickému útlumu oplášťena panely s jádrem z minerální vlny.

Z hlediska akustického je místnost obsluhy stroje uvažována jako chráněný prostor. Opláštění této místnosti je uvažováno z panelů s jádrem z minerální vlny s útlumem  $R_w=32$  dB, s okny a dveřmi s akustickým útlumem tř.  $R_w$  42 dB. Technické řešení stavby odpovídá požadavku vyhlášky MMR č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na výstavbu, ve znění pozdějších předpisů a příslušných norem.

### 3.2.2 Návrh na zefektivnění souřadnicového měřicího systému

Posledním požadavkem zadavatele je zhodnocení dlouhodobě navrhované úpravy směnnosti na souřadnicovém měřicím stroji Dea Delta za účelem zvýšení efektivity. Úkolem je zanalyzování stávajícího systému směnnosti a určit co nejefektivnější řešení pro návaznost výroby a kontroly. Cílem je doporučení jednoho z řešení.

Požadavkem oddělení výroby nářadí je úprava směnnosti z dvousměnného na třisměnný provoz bez dalšího navýšení pracovníků kontroly. Účelem je pokrytí všech směn a tím zvýšení efektivity. To znamená, že při stávajícím 3členém počtu pracovníků na měřicím souřadnicovém stroji a navrhovaném třisměnném provozu bude odpovídat jeden pracovník na jednu směnu.

Analýzou projdou u obou řešení ranní směny, které jsou pracovně nejvytíženější za účasti fungování všech oddělení s kontrolou spjatými tj. oddělení technologie, konstrukce a vedoucích pracovníků.

#### Varianty směnnosti

Tabulka 3.14 Varianty směnnosti

	SMĚNA		
	ranní	odpolední	noční
<b>Stávající režim</b>	AB	C	X
	AC	B	X
	BC	A	X
<b>Navrhovaný režim</b>	A	B	C
	C	A	B
	B	C	A

V tabulce 3.14 jsou názorně předvedeny možné varianty úpravy směnnosti. Písmena A, B, C označují jednotlivé pracovníky kontroly. Stávající systém využívá dvou směn, přičemž na ranní směně jsou vždy dva pracovníci. U navrhovaného řešení je dosaženo plného pokrytí všech směn vždy s jedním pracovníkem kontroly na směně.



Praktický příklad výkazu práce stávajícího řešení směnnosti.

Tabulka 3.15 Výkaz práce s dvěma pracovníky stávajícího systému

Výkaz práce stávajících DVOU pracovníků ze dne 27.9.2012			
čas	popis práce	čas pracovních úkonů PRACOVNÍKA A	čas pracovních úkonů PRACOVNÍKA B
6.00-8.00	Rám dveří L - odlitek - měření - prorýsování	0,5h příprava dat	2h měření + vyhodnocení
		0,5h pomoc při měření	
		1h příprava dat pro další měření	
8.00-9.30	Rám dveří P - odlitek - měření - prorýsování	0,5h řešení závad	1,5h měření
		1h příprava dat pro další měření	
9.30-11.30 (0,5h svačina)	Blatník L/P - měření před úpravou	0,5h řešení závad	1,5h měření
		0,5h příprava dat pro další měření	
11.30-14.00	Rám dveří L - měření ze základny	1h pomoc při měření	2,5h měření
		<b>1,5h příprava dat pro odpolední směnu</b>	

V tabulce 3.15 je přesně zaznamenána pracovní činnost při ranní směně dvou pracovníků kontroly na souřadnicovém měřicím stroji. Úkolem pracovníka A je příprava dat, pomoc při měření a řešení závad, přičemž pracovník B zajišťuje měření a vyhodnocení. Úkony obou pracovníků probíhají souběžně. Součástí souřadnicového měřicího stroje je obslužný počítač. Další počítač je připojen mimo CMM na firemní síť pro správu CAD dat, tím jsou pokryty činnosti obou pracovníků kontroly.

Pro analýzu optimálního řešení směnnosti byla podrobně sledována pracovní činnost ranní směny se dvěma pracovníky a dle těchto dat byla vypracována tabulka pracovních činností s jedním pracovníkem.

Zde je praktický příklad výkazu práce navrhovaného řešení směnnosti.

*Tabulka 3.16 Výkaz práce s jedním pracovníkem dle návrhu řešení*

<b>Výkaz práce JEDNOHO pracovníka ze dne 27. 9. 2012</b>		
<b>čas</b>	<b>popis práce</b>	<b>čas pracovních úkonů PRACOVNÍKA A</b>
6.00-9.00	Rám dveří L - odlitek - měření - prorýsování	0,5h příprava dat
		2h měření + vyhodnocení
		0,5h řešení závad
9.00-12.30 (0,5 přestávka)	Rám dveří P - odlitek - měření - prorýsování	1h příprava dat
		1,5 měření + vyhodnocení
		0,5 h řešení závad
12.30-15.00	Blatník L/P - měření před úpravou	1h příprava dat
		1,5 měření + vyhodnocení
15-18.30 (0,5h svačina)	Rám dveří L - měření ze základny	0,5 h příprava dat
		2,5 měření + vyhodnocení

V tabulce 3.16 je praktický výkaz práce na souřadnicovém stroji Dea Delta přepočítaný dle stávajícího systému na jednoho pracovníka kontroly. Pracovník A zajišťoval všechny pracovní úkony s měřením náležitě, jak je zobrazeno v tabulce. Tabulka není rozpracována na jednu směnu, ale pro budoucí srovnání do konce naplánovaného měření čtyř dílů.

Podrobný rozbor porovnaných režimů a techniko – ekonomické zhodnocení je vypsáno dle obsahu v následující 4té části této práce.

## 4. POROVNÁNÍ SE STÁVAJÍCÍM STAVEM A TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOCENÍ

V této části je zpracováno porovnání všech navrhovaných řešení kontrolních činností a nechybí také technicko – ekonomické zhodnocení těchto řešení. Rozdělení je do třech oblastí dle řešení experimentální části.

### 4.1 Optimalizace měřících strojů

#### Porovnání stávajícího stavu s navrhovaným řešením

Z naměřených hodnot a posouzení vhodnosti použití systému došlo ke změnám, zejména na optickém měřícím stroji, jehož neoptimální využití znamená přetížení souřadnicového měřícího stroje. Byl přepracován katalog pracovních činností pro optický měřicí stroj. Stávající činnosti byly doplněny a vznikly nové pracovní činnosti, jejich přínos je podrobně popsán níže.

Katalog prací:

- |   |                                     |   |
|---|-------------------------------------|---|
| 1. Měření modelů odlitků  | <b>DOPLNĚNÉ<br/>STÁVAJÍCÍ PRÁCE</b> | ↓ |
| 2. Měření tvarových pozic                                       |                                     |   |
| 3. Měření výpadových dílů                                       |                                     |   |
| <hr/>   |                                     |   |
| 4. Měření zpracovaného lisovacího nářadí                        | <b>NOVĚ NAVRŽENÉ<br/>PRÁCE</b>      |   |
| 5. Mezioperační kontrola pozic přímo u obráběcích strojů        |                                     |   |
| 6. Kontrola návarů při korekcích nebo změnách lisovacího nářadí |                                     |   |

#### Přínos zavedení

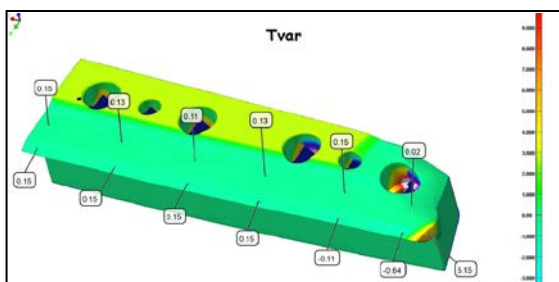
1. Modely a odlitky



Obr. 4.1, 4.2 Příprava modelu (vlevo) a odlitku (vpravo) na měření

Přínosem zavedení navrhovaného řešení by měly být kompletně nasnímaná reálná data, dále optimalizace programů, úspora času a velmi důležitým přínosem je předcházení kolizím.

## 2. Tvarové pozice



Zavedením vzniknou kompletní data celé geometrie pozice + opakovatelně možná práce s daty.

Obr. 4.3 Protokoly o měření tvarových pozic

## 3. Výpadové díly



Měřením výpadových dílů vzniknou informace o kompletní geometrii výpadového kusu, a to i mezioperačně, dále dojde ke snižování nákladů na zpracování a přesné určení problematické operace a místa.

Obr. 4.4 Výpadový kus zadních dveří (vlevo) a měřicí protokol (vpravo)

## 4. Zpracované lisovací nářadí



Měřením zpracovaného lisovacího nářadí získáme reálné definitivních data nářadí.

Obr. 4.5 Zpracované nářadí

### 5. Mezioperační kontrola



Zavedením mezioperačních kontrol pomáhá k optimalizaci průběžných časů výroby (úspory vzniklé manipulací na 3D CMM).

*Obr. 4.6 Příprava spodního dílu raznice na mezioperační kontrolu*

### 6. Kontrola návarů



Přínosem kontroly návarů při korekcích nebo změnách lisovacího nářadí je optimalizace nákladů – na stroj pouze jednou (záruka požadovaného množství).

*Obr. 4.7 Návar*

## **Technicko – ekonomické zhodnocení měřících strojů**

### **ATOS**

Výhoda:

- nedochází ke zkreslení souřadnic při změnách okolního osvětlení (protože CCD geometrie a projektor je při měření současně kalibrovaný),
- možnost mobilního měření, vytváření řezů, ve kterých lze měřit,
- není nutné objekt skenovat po pravidelných úsecích, ale stačí vytvořit snímky nepravidelné a díky pomocným značkám systém vyhodnotí přesnou pozici snímku,
- možnost měření velikostně objemných těles,
- přesné měření tvarů a deformací.

Nevýhody:

- s velikostí součástí se snižuje měřicí přesnost stroje,
- před měřením je potřeba příprava tělesa (pomocné body, křídový sprej),
- časová náročnost měření,
- zkrácení měření na nerovné měřicí základně.

### **Dea Delta**

Výhoda:

- rychlé a jednoduché měření,
- flexibilita.

Nevýhody:

- nemožnost mobilního měření,
- omezení pracovního prostoru,
- použití výhradně na měření rozměrů.

Měřením a následným porovnáním rozměrů byly zjištěny shodné i rozlišné výsledky. První část experimentu byla zaměřena na měření průměru otvorů, které se víceméně shodovaly s odchylkami do 0,07 mm.

U měření tvarových částí tělesa se hodnoty lišily ve větším měřítku. Největší odchylka v měření dosahovala hodnoty 0,23 mm, což se pohybuje mimo toleranční pole a stává se tak rozměrově nevyhovující. Pokud by tato součást byla měřena pouze na souřadnicovém stroji a nebyly zjištěny vzniklé chyby, pokračovalo by se ve výrobě součástí. V tom případě by toto pochybení mohlo v budoucnu znamenat mnohokrát vyšší náklady pro docílení požadovaného rozměru součástí. Při měření roztečí byly obdobně jako u měření otvorů naměřeny podobné hodnoty s největší odchylkou 0,07 mm, pohybujících se v toleranci.

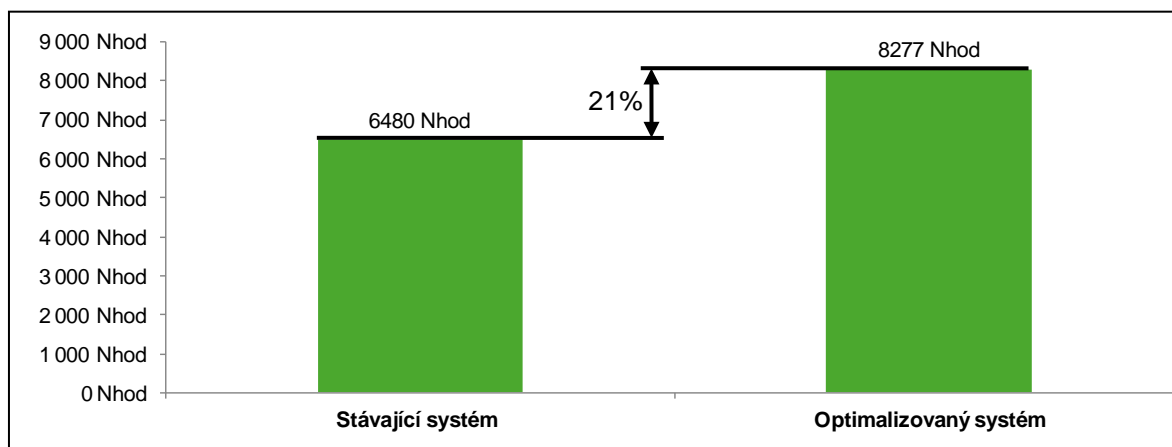
V tabulce 3.4 je pro optický měřicí stroj ATOS znázorněná závislost přesnosti měření na velikosti součástí. Se zvyšujícími se rozměry tělesa se zvyšuje rozlišení měřicího stroje. U největšího možného měření součástí (desítky metrů) je přesnost  $\pm 0,61$  mm, naopak nejmenší součástí v řádech centimetrů lze měřit s přesností  $\pm 0,012$  mm.

Z obecného porovnání je zřejmé, že souřadnicové měřicí stroje jsou vhodné spíše k měření součástí skříňovitého tvaru. Optické měřicí stroje jsou vhodné naopak pro měření tvarově složitějších součástí s obecnými plochami.

Pořizovací cena obou měřících systému ATOS III a Dea Delta je přibližně stejná, taktéž je na tom i hodinová sazba obou strojů. Z tohoto důvodu nám tato hodnota není při řešení nápomocna.

Naopak časová náročnost hraje při kontrole součásti velkou roly, zejména při mezioperačních kontrolách. CMM stroje se vyznačují menší náročností na přípravu měření a samotné naměření součásti než u optických strojů, kde se součást polepí body a v případě lesklosti materiálu nebo nekонтastním prostředí se součást nastříká křídovým sprejem. U souřadnicového stroje je nájezd měřicího dotyku řízen ovladačem, přičemž u optického stroje je potřeba manuální náklon optiky dle potřeby systému stroje.

Celkový přínos optimalizace měřících systémů:



Graf 4.1 Znáznornění přínosu optimalizace měřících systémů za rok

V grafickém 4.1 znázornění přínosu optimalizace měřících systému je vidět, že po analýze měřících systémů a následné optimalizaci, došlo k nárůstu produkce kontrolní činnosti. Hodnota optimalizovaného systému byla získána z reálné časově omezené zkoušky (1KT) navrženého systému za dodržení vypsání katalogu prací na příslušných strojích. Tato hodnota byla převedena na časové období jednoho roku a byl zjištěn nárůst v produkci kontrolní činnosti o 21 %.



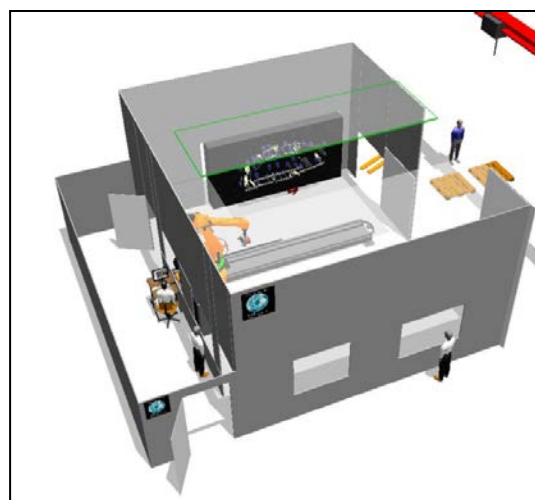
## 4.2 Návrh modernizace optického měřicího systému

### Porovnání stávajícího stavu s navrhovaným řešením

Vybavením TK jsou dva bezkontaktní optické měřicí systémy ve dvousměnném režimu (viz obr. 4.8). Zajišťují veškerou technickou kontrolu vyráběného nářadí a přípravků. Stávající systém nestačí z kapacitního hlediska na rostoucí nárůst měření, proto bylo navrženo řešení (viz obr. 4.9), které bude schopno reagovat na zvyšující se trend.



Obr. 4.8 Stávající pracoviště

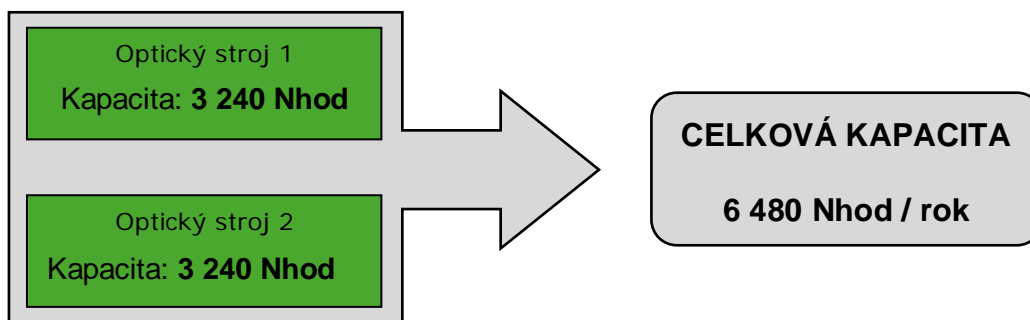


Obr. 4.9 Navrhované pracoviště

### Roční kapacita 3D měření

Zde je přehledné porovnání stávajícího a navrhovaného řešení s ohledem na kapacitní zatížení v normohodinách za rok.

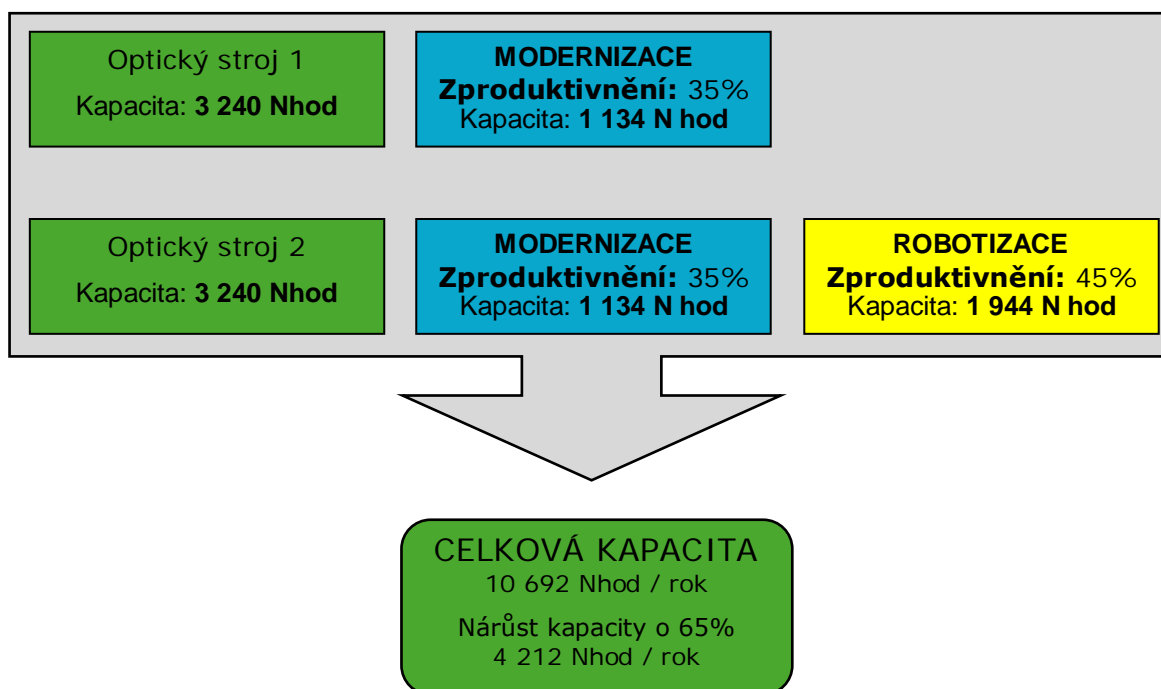
- Maximální roční kapacita stávajícího systému



Obr. 4.10 Celková kapacita stávajícího systému



- Maximální roční kapacita navrhovaného systému



Obr. 4.11 Celková kapacita navrhovaného systému

S dnešním vybavením dvou měřících systémů jsme schopni zajistit celkovou kapacitu 6 480 Nhod na obou měřících strojích ročně (viz obr. 4.10).

Pokud přistoupíme na variantu navrhovaného řešení, získáme samotnou modernizací systému zvýšení produkce o 35%. Součástí modernizace optického měřícího systému je výměna snímacích kamer za nové s dvojnásobným rozlišením. Tato změna se pozitivně projeví v přesnosti a rychlosti měření.

Po robotizaci získáme zkrácení pracovních časů. Použitím na jeden z optických strojů se zvýší produkce o dalších 45% (viz obr. 4.11).

Celkovou modernizací optického měřícího systému dojde k zrychlení procesu optického měření o 65%. To představuje celkovou kapacitu navrhovaného systému 10 692 Nhod na obou měřících strojích ročně. V porovnání se stávajícím systémem se jedná o nárůst kapacit o 4 212 Nhod za rok (viz Graf 3.4).

Tato změna pozitivně zajistí dostatečnou kapacitu měření pro výrobu nářadí a přípravek.

### Technicko - ekonomické zhodnocení [11,12]

Zefektivnění produkce kontrolní činnosti při výrobě lisovacího nářadí může být dosaženo použitím navrženého řešení. Pro zavedení této modernizace není důležitý pouze technický návrh, ale i ekonomické zohlednění navrženého řešení. Z tohoto důvodu byly analyzovány kalkulační náklady (viz tab. 4.1) a na základě současné a plánované produkce zohledněny investiční náklady.

### Kalkulace nákladů

Tabulka 4.1 Přehled nákladů

Položka	Náklady [€]
<b>Upgrade 3D optického systému</b>	
ATOS III Triple Scan měřicí hlava	71 933 €
Měřicí objem 1400x1050	5 000 €
Měřicí objem 1000x750	5 000 €
Měřicí objem 320x240	5 000 €
Arobe stativ	6 400 €
<b>MEZISOUČET (bez DPH) za oba systémy</b>	<b>186 665 €</b>
<b>Robotizace a příslušenství</b>	
Integrovaná fotogrametrie	55 000 €
VMR Software	18 000 €
Robot Quantec	91 500 €
Školení	12 000 €
Měřicí přípravek pro výlisek	14 000 €
Měřicí přípravek pro svařenec	18 000 €
Kompletace Witte desky	18 000 €
Inspekce	63 000 €
<b>MEZISOUČET (bez DPH)</b>	<b>285 500 €</b>

Stavební úpravy	
Montáž robota, Witte desky, komponent	14 100 €
Elektroinstalace	18 700 €
Činnosti robotika, řídicí software	17 300 €
Rozvaděč a montážní materiál	18 400 €
Bezpečnostní komponenty	22 300 €
Kalibrační etalony	17 700 €
Stavba a kontrola, kompletní test pracoviště	17 500 €
VMR software licence pro ATOS Professional	18 000 €
Vedení projektu, integrace 3D měření	18 800 €
<b>MEZISOUČET (bez DPH)</b>	162 800 €
<b>Celková cena bez DPH</b>	634 965 €
<b>DPH 21%</b>	133 343 €
<b>Celková cena vč. DPH</b>	<b>768 308 €</b>

V tabulce 4.1 je sepsán přehled všech investic potřebných k realizaci projektu. Rozdělení do tří skupin je dle typu úpravy na upgrade systému, celkové robotizace a stavební úpravy. V závěru tabulky je součet všech investičních nákladů vč. DPH dle novely zákona č. 235/2004 Sb. platné od 1. 1. 2013.

#### Porovnání nákladů za 3D měření ve Škoda Auto a v externí kooperaci

Hodinová sazba **ve Škoda Auto** 49 €

Cena za hodinu měření **v Kooperaci** 122 €

**Rozdíl za hodinu měření**

**73 €**

Rozdíl nákladů za hodinu měření v interní a externí práci je 73 €. Z toho je zřejmé, že roční ztráty vydané na externí kooperaci šplhají ke statisícům za rok. Podrobná analýza roční ztráty je rozebrána v návratnosti investice.

### Návratnost investice

K následujícímu výpočtu návratnosti investice bylo zapotřebí znát celkové náklady na investici a úsporu vzniklou zavedením řešení. Zisk je v našem případě uvažován jako přínos v úspoře za externí kooperaci.

$$N = \frac{IN}{Z} = \frac{768307}{307476} = 2,49 \text{ roku} \quad (4.1)$$

Hodiny získané modernizací (zproduktivnění)	4 212 Nhod
Z...úspora za externí kooperaci (4 212 Nhod x 73 €)	307 476 €
IN...celkové náklady investice (nabídka)	768 308 €

---

<b>NÁVRATNOST INVESTICE (N) za rok</b>	<b>2,5 ROKU</b>
--	-----------------

### Výnosnost investice

Nejjednodušší metodou, resp. ukazatelem pro hodnocení investice je ukazatel její výnosnosti. Výnosnost (rentabilita) investice  $r$  se počítá podle vzorce:

$$r = \frac{Z}{IN} \cdot 100\% = \frac{307476}{768308} \cdot 100\% = 40\% \quad (4.2)$$

Z...zisk plynoucí z investice za rok	307 476 €
IN...celkové náklady investice (nabídka)	768 308 €

---

<b>VÝNOSNOST INVESTICE (r) za rok</b>	<b>40%</b>
---------------------------------------	------------

### 4.3 Návrh na zefektivnění souřadnicového měřicího systému

#### Porovnání stávajícího stavu s navrhovaným řešením

Obě řešení úpravy směnnosti prošly analýzou, podle níž má být zvoleno jedno z řešení. Byl zaznamenán časový průběh měření na souřadnicovém měřicím stroji při ranní směně.

*Tabulka 4.2 Porovnání obou režimů ranní směny*

Porovnání ranní směny v obou systémech		
Režim	Celková doba práce na 4 díly	Využití CMM v % (100% = 450 min)
<b>Navrhovaný</b> (1+1+1)	12 hodin	54% (240 min)
<b>Stávající</b> (2+1)	8 hodin	86% (390 min)
<b>Rozdíl</b>	<b>+4 hodiny</b>	<b>+32%</b>

\* do měření je započítána manipulace dílu na CMM (tj. cca 15 min na díl)

Z porovnání v tabulce 4.2 je zřejmé, že při ranní směně stávajícího režimu dvou pracovníků bude směna produktivnější o více než 4 hodiny při vykonávání stejné práce. Využitelnost souřadnicového měřicího stroje Dea Delta je tak o 32% vyšší.

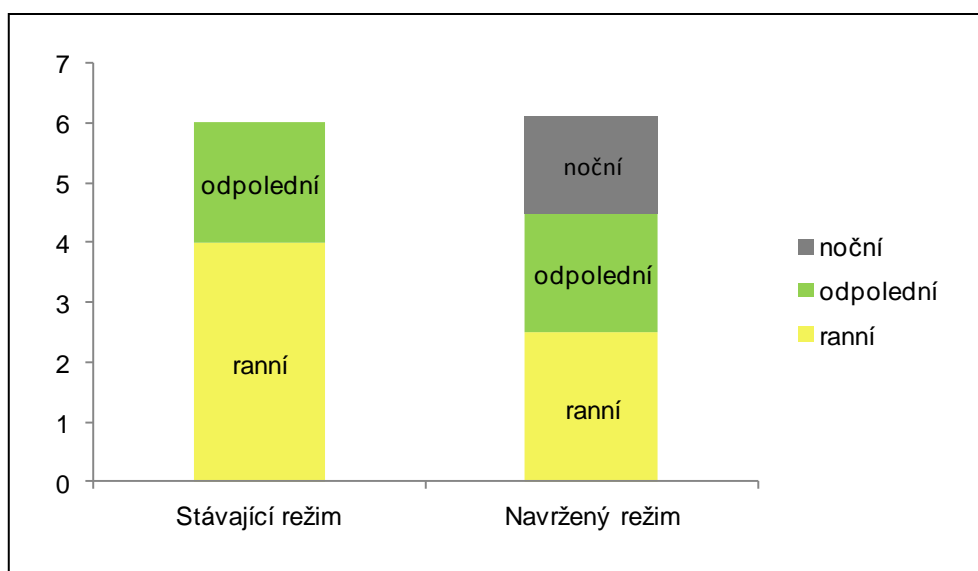
Výhoda stávajícího systému nastane při absenci jednoho z pracovníků na pracovišti, v tom případě jsou jeho úkony zastoupeny druhým pracovníkem. Tímto použitím můžeme tento systém považovat za bezvýpadkový.

Hlavní výhodou navrhovaného systému oproti stávajícímu je zavedení noční směny. Jsou tak pokryty všechny směny pracovního dne výroby lisovacích nářadí. Tímto zavedením vznikne nepřetržitý provoz kontrolních činností na souřadnicovém měřicím stroji. Kontrola tak může ihned reagovat na potřeby výroby lisovacího nářadí.

Nevýhoda noční směny nastává při vzniku problému, kdy rozhodnutí náleží vedoucím pracovníkům nebo oddělením technologie či konstrukce. Podrobné zhodnocení obou režimů je popsáno v technicko - ekonomickém hodnocení.

### Technicko – ekonomické zhodnocení

Nyní je zapotřebí zhodnocení, jak z technického, tak z ekonomického hlediska. Z toho důvodu byl vytvořen graf na základě výkazů práce, na kterém bude demonstrováno celkové zhodnocení.



Graf 4.2 Celodenní výkaz práce obou režimů

Z grafu 4.2 je zřejmé, že oba navrhované režimy zkontrolují za jeden pracovní den zhruba stejný počet dílů. Tento počet je znázorněn na svislé ose grafu. Hodnoty byly získány z výkazu práce za celý pracovní den dle interních dokumentů.

Při pohledu na navržený režim třisměnného provozu zjišťujeme klesající tendenci u části odpolední a celé noční směny. To je zapříčiněno nefunkčními odděleními v tomto čase. Nejedná se pouze o vedoucí pracovníky, technologii a konstrukci, ale také například činnost jeřábníka, pracující na dvě směny. Z toho důvodu není možná manipulace s většími díly. Pozastavené díly musí tak řešit ranní směna za účasti všech oddělení.

Třisměnný režim o třech pracovnících se stává nefunkční v době, kdy si pracovník vybírá placené volno, na které má dle zákona právo. Zaměstnanci má dle smlouvy možnost výběru 25 dnů, což dělá na tři zaměstnance cca 3,5 měsíce. V této době není stanice kontroly plně funkční a stává se tak ztrátovou.

## 5. ZÁVĚR

Předložená práce se zabývala optimalizací kontrolních činností na měřících strojích a návrhem na zefektivnění měření, které by vedlo ke zvýšení produktivity kontrolních činností při výrobě lisovacího nářadí ve Škoda Auto a .s., závod Mladá Boleslav.

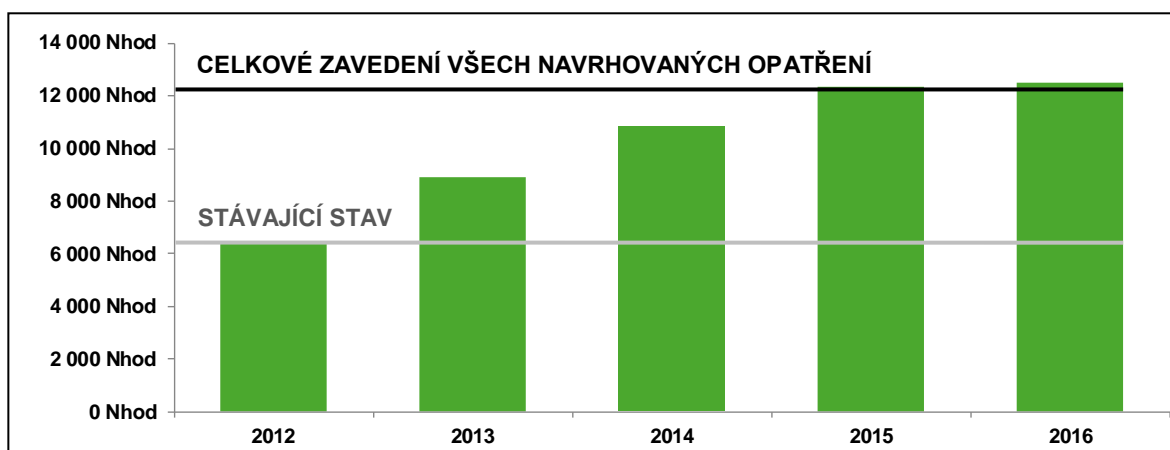
Úvodem tato práce podává popis všech kroků kontrolní činnosti a obsahuje analýzu jejich měřících prostředků. Samotné řešení této práce je rozděleno do třech částí.

V první části bylo řešeno po analýze měřících strojů jejich optimální využití. Tyto stroje jsou v této době nejdůležitějšími prostředky kontrolní činnosti. Jedná se o souřadnicový měřicí stroj Dea Delta a optický měřicí stroj ATOS III, jejichž technologie a způsob měření jsou rozdílné. Pro transparentní porovnání obou strojů byly naměřeny desítky součástí lisovacího nářadí, kterými byly nástavky, přidržovače, klíny, matrice, vložky, odlitky raznic. Na základě výše uvedených hodnot z měření byla navržena opatření. Tato opatření se týkala zejména optického měřicího stroje, kde byl minimálně využit potenciál tohoto stroje na úkor přetížení souřadnicového stroje. Na základě vyhodnocení experimentu byl vytvořen katalog prací. Funkčnost zhotoveného katalogu byla podrobena reálné časové zkoušce. Výsledkem byl nárůst produktivity kontrolní činnosti o 21%. Po schválení navržených opatření, následovalo zavedení do výroby lisovacího nářadí. Zavedením opatření je pokryto aktuální zvyšování produkce výroby v následujícím roce 2013 a tím ušetřené ztráty za kooperaci v řádech desítek tisíc eur.

S výhledem do budoucnosti a jejím plánovaným zaváděním nových modelů Škoda je dlouhodobě toto řešení nedostačující. Z tohoto důvodu se tato práce ve druhé části řešení zabývala zefektivněním měřících strojů. Tato část byla zaměřena na modernizaci optického měřicího systému. Byla navržena modernizace optických měřících strojů ATOS III a zavedení robotizace. Toto řešení bylo zvoleno přímo na "míru" dle požadavků technické kontroly výroby lisovacího nářadí. Návrh obsahuje kompletní podrobný popis modernizace, pořizovaných dílů, stavebních úprav a ceny všech nákladů. Tímto navrhovaným řešením se

zvýší produkce kontrolní činnosti o 65%. Vysoké, se mohou zdát pořizovací náklady, které v konečné kalkulaci činní cca 768 tis. €. V porovnání s nevyhnutelnou drahou kooperací, jejíž hodinová sazba je téměř 2,5 x vyšší než interní, je tato částka reálně návratná již do tří let. V případě schválení tohoto návrhu a realizace výstavby je možnost zavedení do výroby již v roce 2013.

V poslední třetí části této práce je zhodnocení dlouhodobě navrhované úpravy směnnosti na souřadnicovém měřicím stroji. Návrhem byla změna ze stávajícího dvousměnného na třisměnný provoz bez zásahu do počtu zaměstnanců. Po zanalyzování obou režimů směnnosti a výkazu práce na tomto stroji, bylo rozhodnuto zachovat stávající stav. Navrhovaný režim byl v celkovém zhodnocení ztrátový oproti stávajícímu.



Graf 5.1 Plánované požadavky na kontrolní činnost v časovém vývoji

V grafu 5.1 je znázorněn časový vývoj růstu požadované produkce kontrolní činnosti. Optimalizace provedená na měřicích strojích je schopna zajistit plynulý a ekonomický chod kontroly. Pro následující léta je potřeba počítat s dokončenou výstavbou modernizace optického systému. Celkovým zavedením všech navrhovaných opatření je zaručeno plánované pokrytí produkce až do roku 2016.

Byla navržena řešení, která lze realizovat v krátkém časovém období, což je v našem případě rozhodující. Z výsledků vyplývá, že cílů této bakalářské práce bylo dosaženo.



## LITERATURA A OSTATNÍ ZROJE INFORMACÍ

- [1] JAN KRÁLÍK. *110 let nářadí v Mladé Boleslavi*. 1. vyd. Mladá Boleslav: QandA, 2010.
- [2] ŠKODA AUTO a.s., Mladá Boleslav: Firemní dokumentace. [B.r.].
- [3] ODDĚLENÍ VSN2. *Interní dokumenty Škoda Auto a.s.* 1. vyd. Mladá Boleslav, 2011.
- [4] ČEPOVÁ, PETŘKOVSKÁ. *Legislativa ve strojírenské metrologii a přesné měření 3D ploch: studijní opora*. Vyd. 1. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2011, 125 s. ISBN 978-80-248-2514-4.
- [5] *Hexagon metrology* [online]. © 2012 [cit. 2012-11-25]. Dostupné z: [www.dea.it](http://www.dea.it)
- [6] *GOM Optical Measuring Techniques* [online]. Braunschweig, © 2012 [cit. 2012-11-25]. Dostupné z: [www.gom.com](http://www.gom.com)
- [7] BUMBÁLEK, Leoš. *Kontrola a měření pro SPŠ strojní*. Vyd. 1. Praha: Informatorium, 2009, 206 s. ISBN 978-80-7333-072-9.
- [8] TRUHLÁŘ, Jan. *Kontrola jakosti výrobků v průmyslu*. 1. vyd. Brno: TISK n.p., 1965. ISBN 04-316-65.
- [9] KLIMEŠ, František. *Technická kontrola ve strojírenské výrobě*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1958, 394 s.
- [10] NĚMEČEK, Pavel. *Nejistoty měření*. 1. vyd. Praha: Česká společnost pro jakost, 2008, 96 s. ISBN 978-80-02-02089-9.
- [11] SYNEK, Miloslav. *Manažerská ekonomika*. 2., přeprac. a rozš. vyd. Praha: Grada, 2001, 475 s. ISBN 80-247-9069-6.
- [12] POPESKO, Boris. *Moderní metody řízení nákladů: jak dosáhnout efektivního vynakládání nákladů a jejich snížení*. 1. vyd. Praha: Grada, 2009, 233 s. ISBN 978-80-247-2974-9.

## **Seznam příloh**

- 1) Protokol z měření strojem Dea Delta
- 2) Protokol z měření strojem Atos III

## Seznam použitých obrázků, tabulek, grafů

- Obr. 2.1 Původní výroba povrchových plechů
- Obr. 2.2 Dokončené karoserie před montáží
- Obr. 2.3 Příprava polystyrenového modelu pro optické měření tvaru před sléváním
- Obr. 2.4 Zapracovací lis Reis na ručním pracovišti
- Obr. 2.5 Vrchní a spodní díl raznice pro lisování kapoty Fabie
- Obr. 2.6 Zkušební výlisky postranice Octavie u zapracovacího lisu v hale V17
- Obr. 2.7 Průběh vstupní kontroly
- Obr. 2.8 Průběh mezioperační kontroly
- Obr. 2.9 Průběh výstupní kontroly
- Obr. 2.10 Třísouřadnicový CMM
- Obr. 2.11 Souřadnicový systém stroje a součástky
- Obr. 2.12 Typy souřadnicových měřích strojů
- Obr. 2.13 Princip promítání pruhů
- Obr. 3.1 Portálový měřicí stroj Dea
- Obr. 3.2 Souřadnicový měřicí stroj Dea Delta při kontrole tvaru obrobku raznice s indexovatelnou hlavicí
- Obr. 3.3 Optický skener ATOS a jeho názorné využití
- Obr. 3.4 Střížná vložka
- Obr. 3.5 Střížná vložka s dalšími komponenty v sestavě
- Obr. 3.6 Ukázka měření strojem DEA Delta vybrané součásti
- Obr. 3.7 Snímací objektivy Kreuznach 400 / MV320
- Obr. 3.8 Ukázka měření strojem ATOS III vybrané součásti
- Obr. 3.9 Návrh měřicího pracoviště s robotizací
- Obr. 3.10 Prostorové zobrazení měřicího pracoviště
- Obr. 3.11 Mechanický robot Quantec KR120
- Obr. 4.1, 4.2 Příprava modelu (vlevo) a odlitku (vpravo) na měření
- Obr. 4.3 Protokoly o měření tvarových pozic
- Obr. 4.4 Výpadek kus zadních dveří (vlevo) a měřicí protokol (vpravo)
- Obr. 4.5 Zapracované nářadí
- Obr. 4.6 Příprava spodního dílu raznice na mezioperační kontrolu
- 
- Zvýšení efektivity kontrolních činností při výrobě lisovacího nářadí

Obr. 4.7 Návar

Obr. 4.8 Stávající pracoviště

Obr. 4.9 Navrhované pracoviště

Obr. 4.10 Celková kapacita stávajícího systému

Obr. 4.11 Celková kapacita navrhovaného systému

Tabulka 2.1 Přehled kontrolních prostředků

Tabulka 3.1 Naměřené díly

Tabulka 3.2 Naměřené díly

Tabulka 3.3 Znázornění měřicího rozsahu stroje ve třech osách

Tabulka 3.4 Naměřené hodnoty otvorů strojem Dea Delta

Tabulka 3.5 Naměřené hodnoty tvarů strojem Dea Delta

Tabulka 3.6 Naměřené hodnoty roztečí strojem Dea Delta

Tabulka 3.7 Měřené objemy a jejich parametry

Tabulka 3.8 Naměřené hodnoty otvorů strojem ATOS III

Tabulka 3.9 Naměřené hodnoty tvarů strojem ATOS III

Tabulka 3.10 Naměřené hodnoty roztečí strojem ATOS III

Tabulka 3.11 Porovnaných hodnot otvorů z měřících strojů

Tabulka 3.12 Porovnaných hodnot tvarů z měřících strojů

Tabulka 3.13 Porovnaných hodnot roztečí z měřících strojů

Tabulka 3.14 Varianty směnnosti

Tabulka 3.15 Výkaz práce s dvěma pracovníky stávajícího systému

Tabulka 3.16 Výkaz práce s jedním pracovníkem dle návrhu řešení

Tabulka 4.1 Přehled nákladů

Tabulka 4.2 Porovnání obou režimů ranní směny

Graf 3.1 Rozdíl hodnot měřených otvorů

Graf 3.2 Rozdíl hodnot měřených tvarů

Graf 3.3 Rozdíl hodnot měřených roztečí

Graf 3.4 Požadavky na 3D měření technické kontroly

Graf 4.1 Znázornění přínosu optimalizace měřících systémů za rok

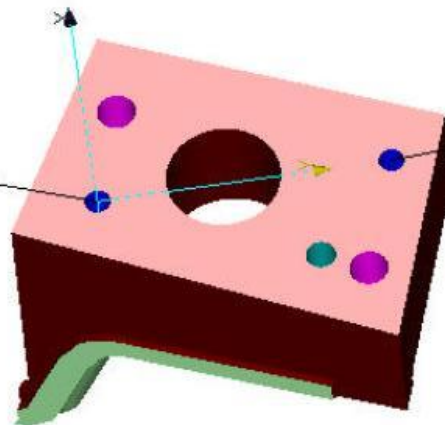
Graf 4.2 Celodenní výkaz práce obou režimů

Graf 5.1 Plánované požadavky na kontrolní činnost v časovém vývoji

Název dílu : Číslo dat : 925/12  
 Číslo dílu : 5L0.821.105/106 OP-30 Číslo výkresu : 31-72D 348033/P1.203.1  
 Číslo protokolu : D764-12 Popis činnosti: **Kolíkové otvory**  
 Typ : A5-SUV-FL Offset : -0.00 Tolerance : -0.05, 0.05  
 Měřil :

Circle: CR6

	Nom	Act	Dev
X	0.00	0.00	0.00
Y	0.00	0.00	0.00
D	12.00	11.95	-0.05



Circle: CR2

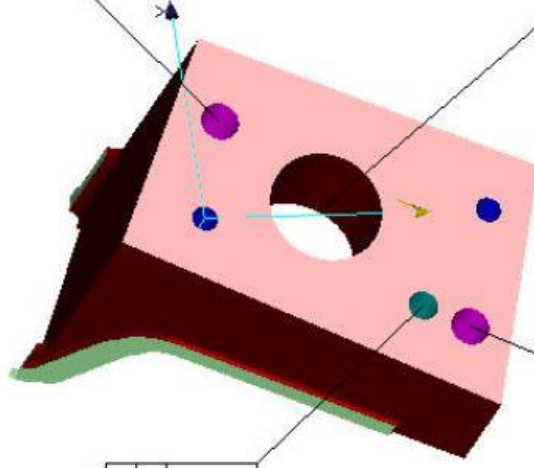
	Nom	Act	Dev
X	0.00	-0.00	-0.00
Y	136.01	136.04	0.03
D	12.00	12.02	0.02



Název dílu : Číslo dat : 925/12  
 Číslo dílu : 5L0.821.105/106 OP-30 Číslo výkresu : 31-72D 348033/P1.203.1  
 Číslo protokolu : D764-12 Popis činnosti: **Otvory D14, D18 a D53**  
 Typ : Offset : -0.00 Tolerance : -0.20, 0.20  
 Měřil :

Circle: CR7

	Nom	Act	Dev
X	47.78	47.77	-0.01
Y	14.70	14.76	0.06
D	18.00	18.05	0.05



Circle: CR4

	Nom	Act	Dev
X	-46.36	-46.30	0.06
Y	97.61	97.61	0.00
D	14.00	14.20	0.20

Circle: CR5

	Nom	Act	Dev
X	3.90	3.92	0.02
Y	58.74	58.80	0.06
D	53.00	53.01	0.01

Circle: CR3

	Nom	Act	Dev
X	-57.34	-57.27	0.07
Y	118.37	118.40	0.03
D	18.00	18.01	0.01



Název dílu :Blatník

Číslo dat :1516/12

Číslo dílu : 5L0.821.105/106 OP-30

Číslo výkresu :31-72D 348033/P1.203.1

Číslo protokolu : D764-12

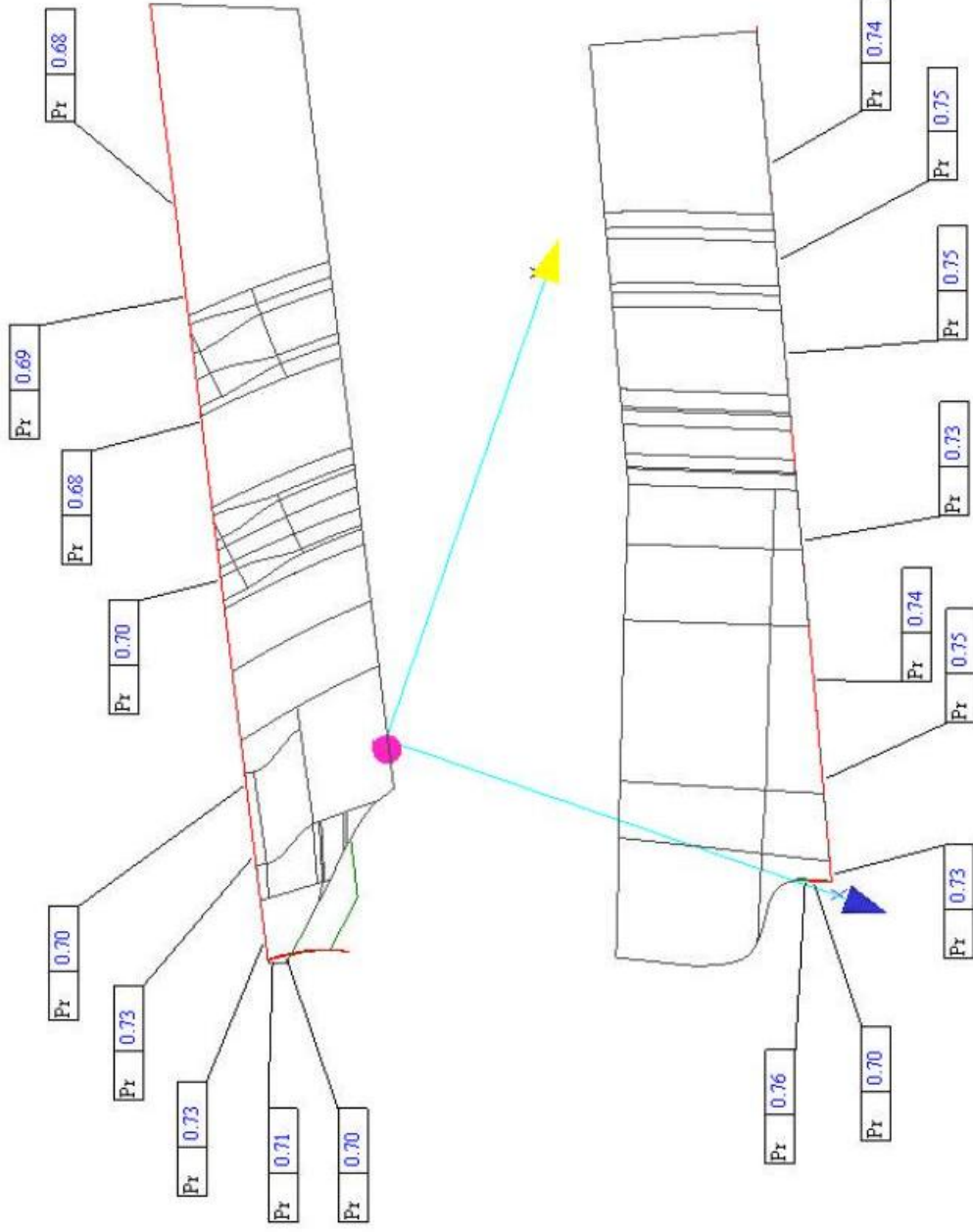
Popis činnosti :**Proměření půdorysu +0.70mm**

Typ :

Offset : -0.00

Tolerance : -0.20,0.20

Měřil :





Název dílu : Blatník

Číslo dat : 1516/12

Číslo dílu : 5L0.821.105/106 OP-30

Číslo výkresu : 31-72D 348033/P1.203.1

Číslo protokolu : D765-12

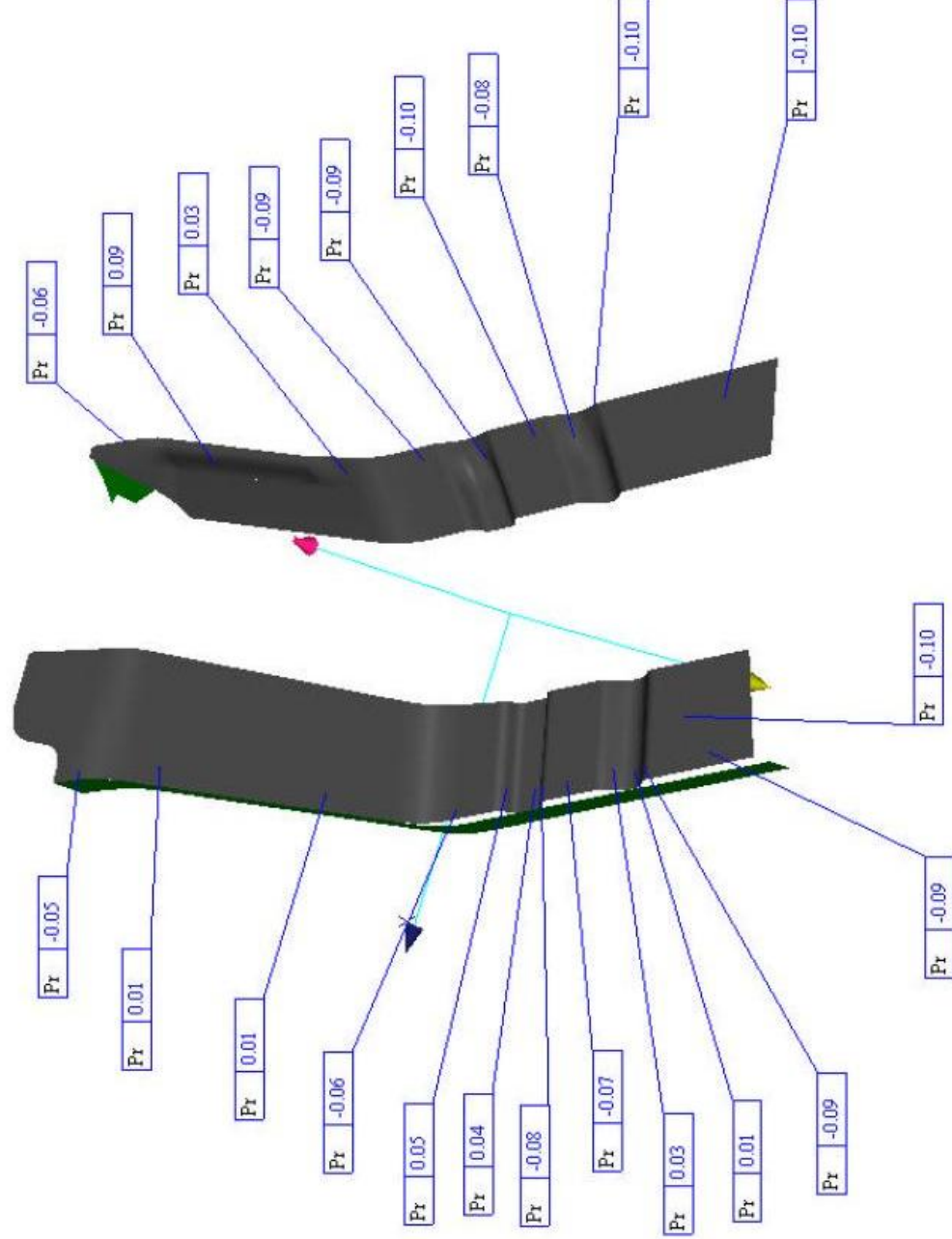
Popis činnosti : Čelní tvar

Typ :

Offset : -0.00

Tolerance : -0.10, 0.10

Měřil :

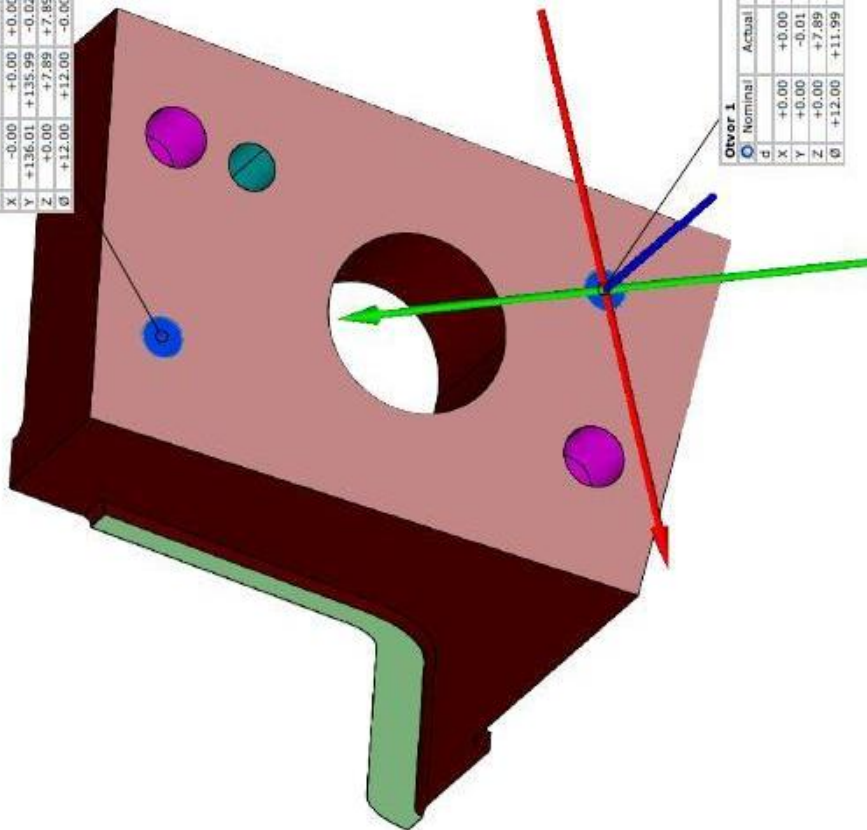




## Příloha 2 - Protokol z měření strojem Atos III

Otor 2				
	Nominal	Actual	Dev	Check
d			+7.89	
x	-0.00	+0.00	+0.00	
y	+136.01	+135.99	-0.02	
z	+0.00	+7.89	+7.89	
	+12.00	+12.00	-0.00	

Otvor 1		Actual	Dev	Check
<input checked="" type="radio"/> d			+7.89	
<input type="radio"/> X	+0.00	+0.00	+0.00	
<input type="radio"/> Y	+0.00	-0.01	-0.01	
<input type="radio"/> Z	+0.00	+7.89	+7.89	
<input type="radio"/> A	-132.00	-131.89	-0.01	



**Číslo protokolu:** FG516-12  
**Systém:** Atos - 7-5 320x240  
**Tritop:** Ne  
**CAD data:** NCM-1516-12 BM-9

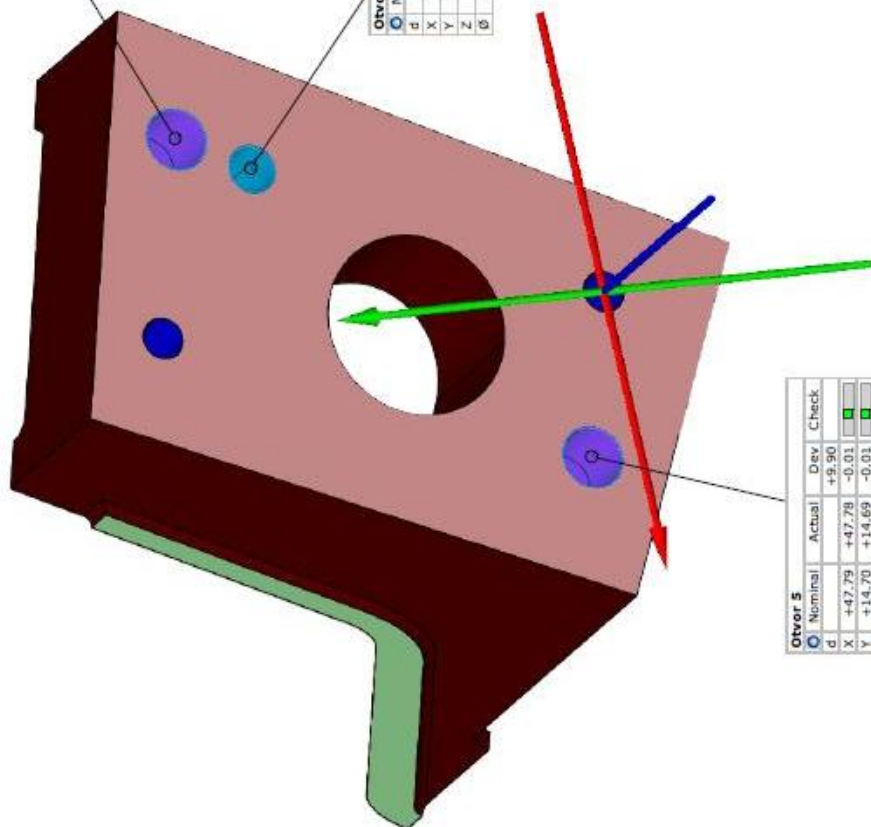
**Název dílu:**  
**Vyrovnání:** Na otvory+základnu  
**Smrštění:** NE  
**Přesnost:** 0.021mm

**Datum:** 07.11.2012  
**Měřil:**  
**Č. nástr.:** 348033-P1-203-1-Tvar-1  
**Číslo dílu:** 5L0-821-105-106

Otvor 3				
Ø	Nominal	Actual	Dev	Check
d			+9.87	
X	-57.35	-57.32	+0.03	
Y	+118.17	+118.34	-0.03	
Z	+0.00	+9.87	+9.87	
Ø	+18.00	+17.98	-0.02	

Otvor 4				
Ø	Nominal	Actual	Dev	Check
d			+9.88	
X	-46.36	-46.39	-0.03	
Y	+97.61	+97.57	-0.04	
Z	+0.00	+9.88	+9.88	
Ø	+14.00	+14.17	+0.17	

Otvor 5				
Ø	Nominal	Actual	Dev	Check
d			+9.90	
X	+47.79	+47.78	-0.01	
Y	+14.70	+14.69	-0.01	
Z	+0.00	+9.90	+9.90	
Ø	+18.00	+18.05	+0.05	



SKODA



Číslo protokolu: FG516-12

Systém: Atos - 7-5 320x240

Trikop: Ne

CAD data: NCM-1516-12 BM-925-12

Název dílu:

Vyrovnání: Na otvory + základnu

Smrštění: NE

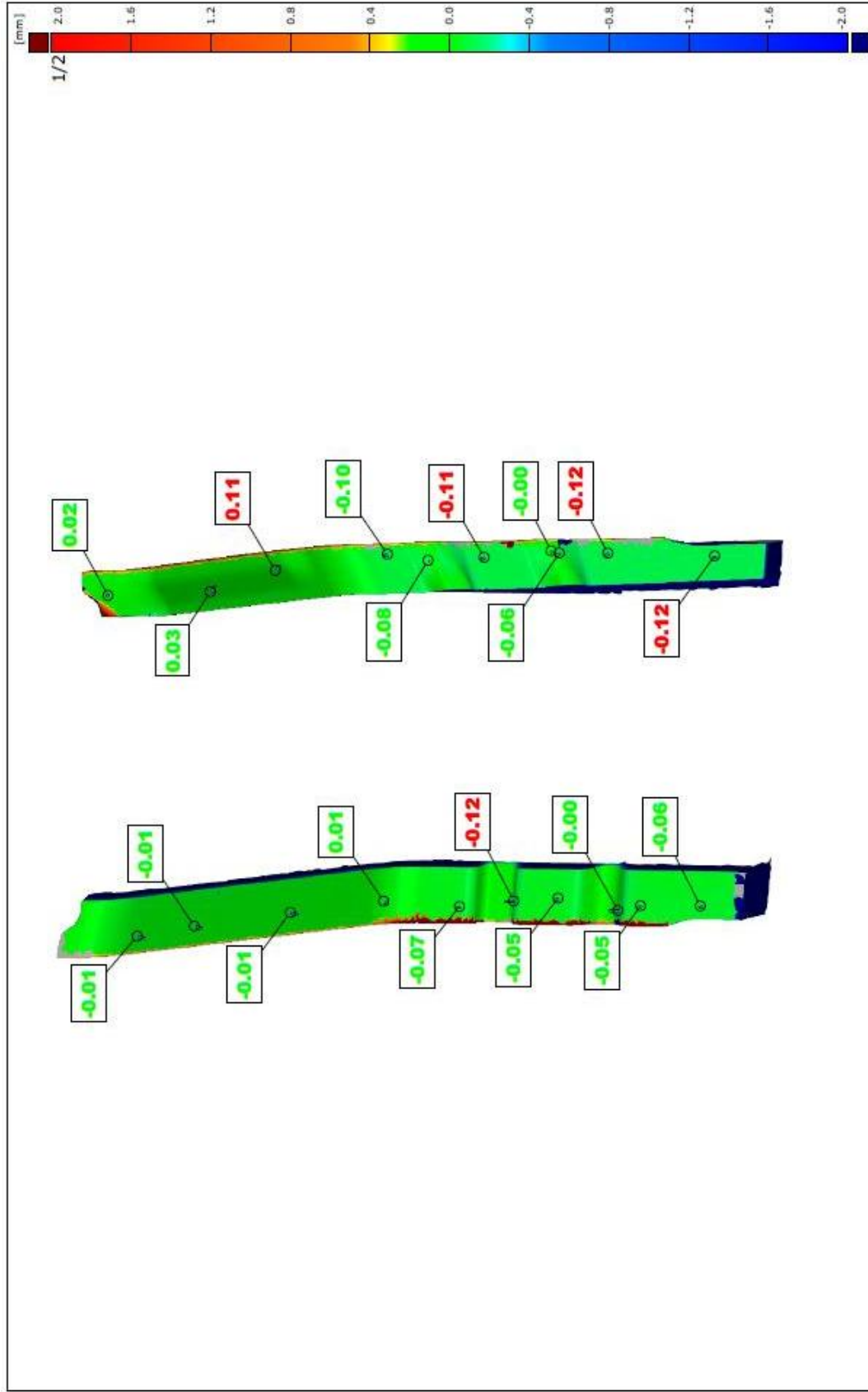
Přesnost: 0.021mm

Datum: 07.11.2012

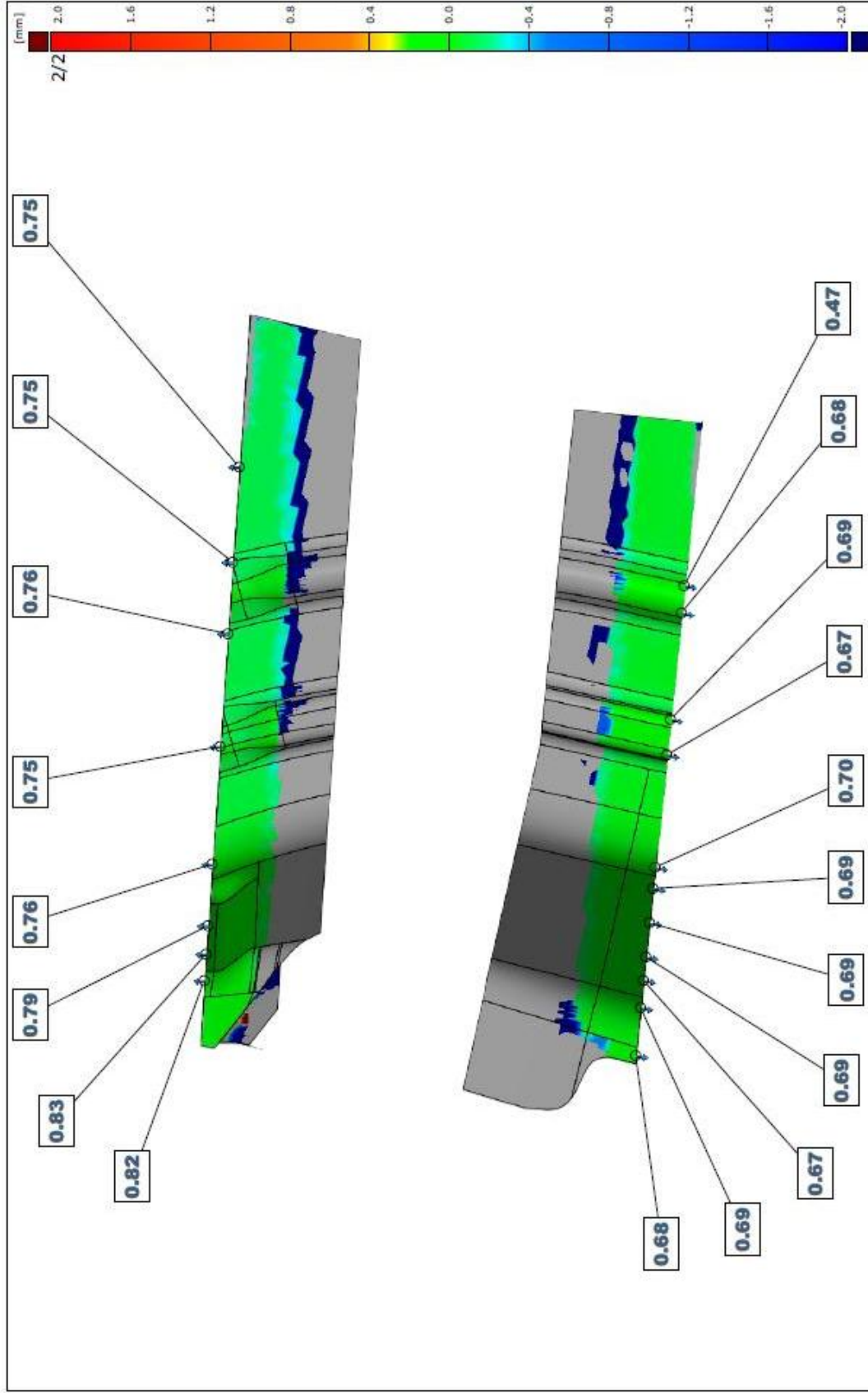
Měřil:

Č. nástr.: 348033-P1-203-1-Tvar-1

Číslo dílu: 5L0-821-105-106



<b>Datum:</b> 07.11.2012 <b>Měřil:</b> <b>Č. nástr.:</b> 348033-P1-203-1-Tvar <b>Číslo dílu:</b> 5L0-821-105-106	<b>Název dílu:</b> <b>Vyrovnání:</b> Na otvory+základnu <b>Smrštění:</b> NE <b>Přesnost:</b> 0.021mm	<b>Číslo protokolu:</b> FG516-12 <b>Systém:</b> Atos - 7-5 320x240 <b>Třítop:</b> Ne <b>CAD data:</b> NCM-1516-12 BM-925-12	<b>SKODA</b> 
---	---	--	---



<p><b>Datum:</b> 07.11.2012</p> <p><b>Měřil:</b></p> <p><b>Č. nástr.:</b> 348033-P1-203-1-Tvar</p> <p><b>Číslo dílu:</b> 5L0-821-105-106</p>	<p><b>Název dílu:</b></p> <p><b>Vyrovnání:</b> Na otvory+základnu</p> <p><b>Smrštění:</b> NE</p> <p><b>Přesnost:</b> 0.021mm</p>	<p><b>Číslo protokolu:</b> FG516-12</p> <p><b>Systém:</b> Atos - 7-5 320x240</p> <p><b>Třítóp:</b> Ne</p> <p><b>CAD data:</b> NCM-1516-12 BM-925-12</p>	<p><b>SKODA</b></p> 
--	--	---	---